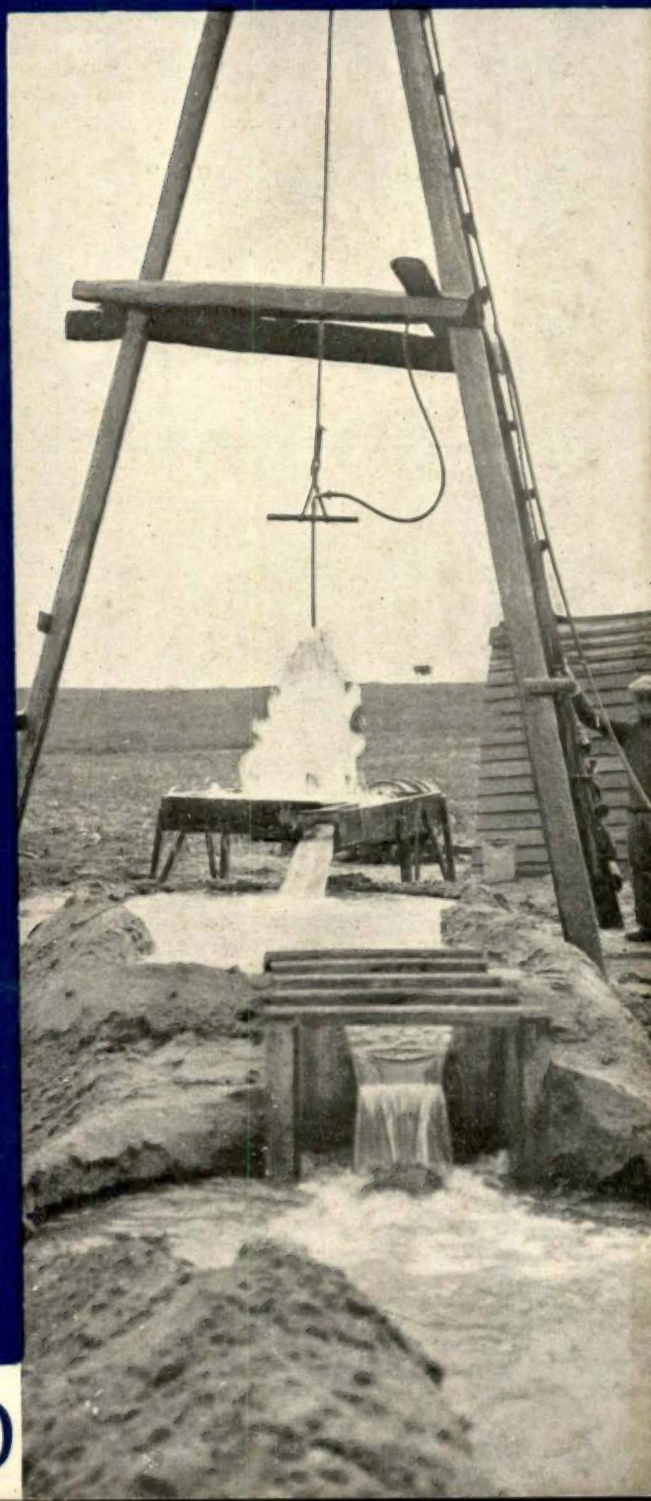
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 109 — Março — 1940

"LUSALITE"

fibro-cimento nacional

INCOMBUSTÍVEL
LEVE
RESISTENTE
ISOLADOR
IMPUTRESCÍVEL

EM

Tubos para pressões hidráulicas de 3 a 12 K.os/cm.2
Chapas onduladas para coberturas
Chapas lisas para revestimento de tetos, tabiques, etc.
Produtos da Sociedade Portuguesa de Fibro-cimento

ÚNICOS CONCESSIONÁRIOS:

CORPORAÇÃO MERCANTIL PORTUGUESA, L.DA

Rua de S. Nicolau, 123

Telefones: 2 3948 — 2 8941 — **LISBOA** — Telegramas: Lusalite

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de tôdas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
109
Março—1940

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
MANUEL DUARTE GASPAR
ADMINISTRADOR
CARLOS KRUS ABECASIS
BIBLIOTECÁRIO
NUNO ABRANTES
CORPO REDACTORIAL
SEBASTIÃO MURTEIRA
FRANCISCO MARQUES MAIA
VASCO MENDES DE SOUSA

NÚMERO AVULSO..... 5$00

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	12$00	23$00	44$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	30$00	55$00
Estrangeiro...	—	40$00	70$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Pesquisa de água na Herdade de Pegões. Ensaio de caudal por meio de ar comprimido — 50 m³/hora.

Foto Eng. Teixeira Duarte

		Págs.
O problema do melhoramento do acesso ao pôrto de Aveiro	Eng. Duarte Abecasis . . .	621
Cálculo da estrutura duma bancada para um Estádio de betão armado, elaborado pela Sociedade de Empreitadas e Trabalhos Hidráulicos	Eng. Belard da Fonseca (Prof. do I. S. T.)	631
Métodos usados para o estabelecimento da directriz e para o nivelamento dos túneis do Canal do Tejo	Eng. Civ. Amílcar de Melo .	645
Nota da Redacção	. . . . .	658
O problema do transporte sólido e a sua importância na Hidráulica Fluvial	Eng. Civ. Alberto Abecasis Manzanares	659
Como se projecta uma caldeira	António Gouvêa Portela . .	667
Vida Escolar e Associativa . . .	. . . . .	672
II Concurso Fotográfico do I. S. T.	. . . . .	673
Do Mundo Técnico	. . . . .	674
Publicações recebidas	. . . . .	676

Barricas de 180 kilos

Sacos de juta de 50 kilos

Sacos de papel de 50 kilos

Sede: Rua do Caes de Santarem, 64, 1.º — LISBOA
Filial do Norte: Rua Formosa, 297, 1.º — PORTO

AGÊNCIAS EM TODO O PAÍS

Publicações da TÉCNICA

Modernas Concepções da Mecânica
Prof. MIRA FERNANDES

Viga de Comprimento finito assente sôbre terreno elástico
Prof. G. MAGNEL

Tabelas de Resistência de Materiais
Prof. VICENTE FERREIRA

Ábacos para o Cálculo de Betão Armado
Eng. VASCO COSTA

Regulamento do Betão Armado
(1929)

Regulamento de Pontes Metálicas
(1935)

Á venda na Redacção da «Técnica»

— Uma —
Impermeabilização
perfeita
obtem-se com

SIKA

nas construções urbanas, industriais
e obras hidráulicas

SUPRIME HUMIDADES
EVITA INFILTRAÇÕES

FABRICANTES:
KASPAR WINKLER & C.°
Zürich — Altstetten (Suissa)

AGENTE-DEPOSITÁRIO EM PORTUGAL:
CARLOS ABREU BAPTISTA
Rua da Emenda, 111, 1.°—LISBOA
Telefone 26902

EMULSÕES

de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 20879
Telegramas: Epalda—LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

Standard Electrica

RECTIFICADORES DE SELÉNIO

Rectificadores secos de tôdas as voltagens e amperagens, para tôdas as aplicações. São anti-parasitários e de duração ilimitada. Absolutamente silenciosos, não têm partes móveis e não carecem de qualquer assistência. Ocupam um espaço muito reduzido sendo a sua eficiência superior à dos outros tipos de rectificadores existentes.

PEDIDOS E ESCLARECIMENTOS A:

STANDARD ELECTRICA
PRAÇA DOS RESTAURADORES, 47, 1.°—LISBOA

União Eléctrica Portugueza, S. A.

SEDE SOCIAL

Rua Duque de Loulé, 240 — PORTO

CAPITAL { Acções..... 40:000 contos
Obrigações 30:500 contos

ELECTRICIDADE DO LINDOSO

FORÇA { Hidráulica..... 40:000 HP
Térmica ..... 20:000 HP

Potência já contratada 20:000 HP
Potência disponível... 22:000 HP

Extensão total das linhas em exploração: 1:000 quilómetros

A **U. E. P.** tem as melhores tarifas e concede as maiores facilidades para electrificação de fábricas e para abastecimento de rêdes de distribuïção nos Distritos de: **Viana do Castelo, Braga, Pôrto, Aveiro, Coimbra, Vizeu e Leiria.**

Consultai a U. E. P.

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.

Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

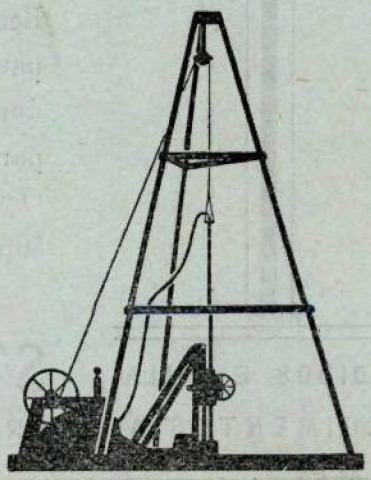
COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «**cement gun**»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685

TÉCNICA

MANUEL DUARTE GASPAR
DIRECTOR

ANO XV - N.º 109 MARÇO 1940

O PROBLEMA DO MELHORAMENTO DO ACESSO AO PÔRTO DE AVEIRO

PELO ENG. DUARTE ABECASIS (I. S. T.)

(Conclusão do número anterior)

VII — Evolução hidrográfica da Barra de Aveiro

A evolução hidrográfica desta embocadura reflecte, por assim dizer, o regimen da costa que atrás descrevemos. As acções que determinam êste regimen, combinadas com as correntes de enchente e vazante, sobretudo com estas últimas em ocasião de cheia, dão lugar a uma evolução que, sem apresentar o carácter oscilatório, tão nítido, e quási regular, do regimen das barras do Algarve, não deixa de afectar o carácter de alternativa.

Deve êste aspecto mais definido da evolução, nesta zona da costa ocidental, resultar de actuarem no mesmo sentido, a corrente de vazante no mar e a resultante das acções produzidas pelos ventos. Por isso são muito mais acentuados os deslocamentos num determinado sentido, o de Norte para Sul, sendo menos freqüentes os deslocamentos muito acentuados na barra de Sul para Norte.

Não consideramos, evidentemente, entre êstes deslocamentos, o desvio, que até à execução das últimas obras e mesmo, por vezes, depois delas era normal, da linha dos maiores fundos para NW., logo depois da reflexão no molhe Sul, visto que êsse desvio tem esta causa particular e que êle se mantém apenas até ao banco, sendo, depois da passagem dêste, substituído pelo desvio para WSW. que se verifica nas cartas de 1865, de 1914 e de 1934.

Foi a acção do molhe Sul que parou o deslocamento, que era quási constante, da barra para Sul, até atingir, por vezes, o extremo limite da Ria. Deve ter sido a mesma acção, favorecida pela ocorrência de um longo período, verdadeiramente anormal, de predomínio dos ventos do quadrante de SW., que determinou a fase de excepcional deslocamento de Sul para Norte, da parte exterior do canal da barra a que adiante nos referiremos. A obra do Engenheiro Adolfo Loureiro constitue magnífico documentário da evolução hidrográfica em estudo. Dela extraímos o que adiante é apresentado.

Acrescentar-lhe-emos o testemunho do que pudemos observar durante o período de cêrca de quatro anos de execução das obras de melhoramento da barra que estiveram a nosso cargo.

Refere aquele ilustre engenheiro que em 1575 um tempestuoso inverno, obstruindo a barra e o pôrto com areias, deu comêço à sua decadência e o estado da barra se agravou de tal forma que, deslocada a grande distância para o Sul, se tornou difícil e perigosa.

«Em 1756 era horrível o estado da Ria que

despejava no mar por uma pequena rasgadura da costa muito perto de Mira» a cêrca de 19 km. para Sul da barra actual.

Tinham sido infrutíferos os trabalhos que até essa altura se executaram para conservar a barra da Vagueira, a cêrca de 9 km. para o Sul da actual, tendo apenas conseguido um resultado temporário o trabalho de reabertura feito em 1757 pelo capitão-mór João de Sousa Ribeiro.

O plano de melhoramento mandado elaborar em 1758 devia «dar permanência à barra e embargar-lhe a marcha para o Sul».

Afim-de evitar os «efeitos desta marcha», novas tentativas foram feitas, em 1781 e anos seguintes, sob a direcção do engenheiro hidráulico italiano João Joseppi, para conservar a barra da Vagueira, mas sem resultados duradouros; e em 1791, para a abertura de nova barra a S. da Capela de Nossa Senhora das Areias que fica a uns $2^{km},5$ a Norte da barra actual, também sem resultado.

A fixação da barra na posição actual data de Abril de 1808, sob projecto dos Engenheiros Oudinot e Luiz Gomes de Carvalho e direcção dêste último, tendo impedido novos deslocamentos para o Sul a construção do molhe Sul, mantido depois, sempre, através de sucessivas reconstruções e embora, por vezes, em estado de quási completa ruína, coïncidindo com estes estados os agravamentos maiores da situação da barra.

No seu relatório de Dezembro de 1859 o ilustre Engenheiro Silvério Pereira da Silva apontava a necessidade da construção de um molhe Norte, para evitar que, em conseqüência da reflexão da corrente no molhe Sul, o último trôço do canal se dirigisse para NNW., com regimen variável, ao sabor dos ventos, da quantidade das águas de monte e até das marés. Construindo-se o molhe Norte, e levantando a parte mais avançada e então abatida do molhe Sul, as águas dirigir-se-iam a Oeste, o que considerava o mais vantajoso para a navegação.

Não se tendo feito a reconstrução da parte demolida do molhe Sul, as condições da barra agravaram-se, referindo o Engenheiro Pereira da Silva, em relatório de Agôsto de 1861, que em 1859 a barra havia tomado a pior posição de tôdas desde 1808, *quási não entrando a água da enchente na Ria:* formara-se um cabedelo ao Sul, cuja ponta tinha avançado tanto para o Norte que se estendia a 960 m. contados na perpendicular ao prolongamento do molhe Sul, propagando-se a enchente quási paralelamente à costa.

Ficava a barra embocada a WNW.

O fluxo e o refluxo eram quási insensíveis, interiormente, tendo-se reduzido a metade a amplitude das marés no cais de Aveiro.

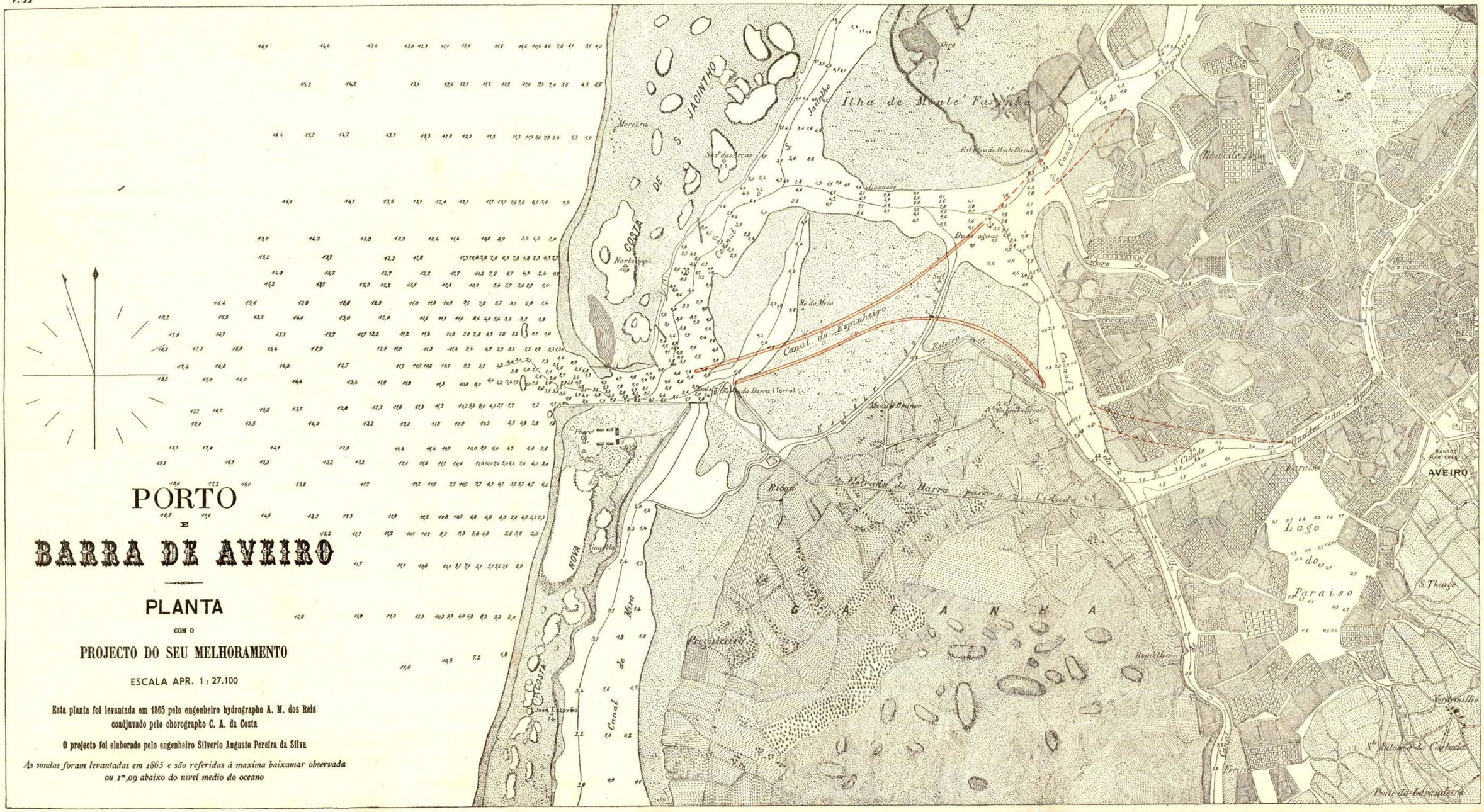
Julgamos do maior interêsse o exame do que se passava com esta situação. A barra, na sua posição extrema para NW e com a embocadura virada a WNW dava um péssimo acesso à enchente, verificando-se as piores de tôdas as condições de propagação desta que são registadas, perfeitamente ao contrário do que seria de esperar aceitando a direcção NW-SE para a corrente exterior de enchente.

Depois desta situação, regista-se a de 1865 (plano hidrográfico de António Maria dos Reis) conseqüência das fortes acções naturais que tendem a abrir a barra a WSW e que se manifestaram de tal forma que levaram, nos 6 anos decorridos, tôda esta obstrução formidável, deixando apenas os vestígios bem nítidos da situação anterior nos dois bancos exteriores que apresenta e dos quais o do Norte deve ter contribuído para a situação que, a seguir, em 1873, regista o relatório do General Silvério Pereira da Silva.

Com efeito, não se tendo podido dar às obras novos desenvolvimentos, obstruiu-se novamente a barra em 1873, a ponto de se poder atravessar a vau. No seu relatório de Fevereiro de 1874, referia o ilustre engenheiro: «Desde o ano passado (1873) que as areias do Norte caminhando para o Sul, formavam um cabedelo de largura média de 150^{m} e em altura superior à das maiores marés.

Êste cabedelo, seguindo no prolongamento da costa, em frente do canal da barra e à distância de 370^{m} da extremidade ou testa do molhe, tem progredido muito neste sentido, chegando a estender-se para o mesmo lado até cêrca de 300^{m} a contar do alinhamento do molhe».

Referia depois as sinuosidades das correntes de enchente e vazante, as corrosões que provocavam nas margens, e a redução dos fundos da barra, orientada então a SSW, opi-


PORTO
E
BARRA DE AVEIRO
PLANTA
COM O
PROJECTO DO SEU MELHORAMENTO
ESCALA APR. 1 : 27.100
Esta planta foi levantada em 1865 pelo engenheiro hydrographo A. M. dos Reis
coadjuvado pelo chorographo C. A. da Costa
O projecto foi elaborado pelo engenheiro Silverio Augusto Pereira da Silva
As sondas foram levantadas em 1865 e são referidas á maxima baixamar observada
ou 1m,09 abaixo do nivel medio do oceano
Ilha de Monte Farinha
COSTA DE S. JACINTHO
Moreira
Canal do Espinheiro
Dois aguas
Canal do Espinheiro
Estaleiro
Estaleiro de Oliveira
Estaleiro dos Frades
Canal do Espinheiro
Canal do Espinheiro
Ilha do Espinheiro
Ilha do Espinheiro
Estaleiro de Monteforinho
Canal do Espinheiro
Canal do Espinheiro
Canal do Espinheiro

nando pelo desenvolvimento dos molhes do Sul e provisório do Norte e pela melhor conjugação das correntes interiores. Embora aprovado êste parecer pela Junta Consultiva de Obras Públicas e Minas, não foram concedidos os meios necessários para a execução das obras. Por isso o estado da barra se manteve até há sete anos com alternativas, sem se atingir a melhoria definitiva, embora se não tivessem reproduzido as desgraçadas condições anteriores à construção e consolidação do molhe Sul.

Notaremos, antes de prosseguir, que nesta situação extrema, a Sul, do passe exterior da barra, registada em 1873, não se acusa a grande redução do volume da enchente entrado na Ria e, conseqüentemente, a grande redução de amplitude da maré interior a que deu lugar o deslocamento máximo para Norte, o que também não está de acôrdo com a hipótese da proveniência de NW da corrente exterior de enchente.

Acentuaremos ainda que, segundo o Engenheiro Silvério, o desvio do passe exterior da barra para NW era devido à reflexão da corrente de vazante no molhe Sul, e, segundo o mesmo Engenheiro, o molhe Norte, cuja construção advogava, destinava-se a evitar a descarga para NW da vazante assim refletida.

O prosseguimeuto dêste estudo passa agora a referir-se à fase que pudemos presenciar, já sob a acção das obras de melhoramento da barra, nomeadamente: a supressão dos redentes de S. Jacinto, a intervenção do sistema dos diques de convergência das correntes, a intervenção do molhe Norte e a acção mais ou menos acentuada das dragagens interiores.

Desenvolvido o molhe Norte que veio pôr a parte do canal da barra que atravessa o cordão litoral ao abrigo das areias da praia; estabelecido o triângulo dos diques de convergência; suprimidos os redentes de S. Jacinto; e feita dragagem intensa a Norte dos diques, a corrente de vazante, guiada pelo dique Norte e tendo larga saída, por não ter havido fortes introduções de areia no canal no período que precedeu, não incidia sôbre o molhe Sul.

Deixando o trôço extremo dos diques, ela ia tangenciar a testa dêste molhe, saindo para WSW, sem qualquer bifurcação, a incorporar-se, naturalmente, na corrente de vazante no mar. Esta situação que é a que se produz sob a acção do sistema de obras executado quando não intervêm fortes acções exteriores, é a que está minuciosamente registada na carta da Missão Hidrográfica de 1934-35.

Nestas circunstâncias torna-se predominante a influência da boa combinação da corrente de vazante interior com a corrente de vazante exterior, mantendo-se largo e profundo o canal da barra através do banco e evitando-se dificuldades consideráveis para a navegação junto ao trôço comum dos diques de convergência.

Em 10 de Junho de 1935 interromperam-se as dragagens interiores. As areias acumuladas a Norte do Molhe Norte, a Oeste e mesmo a Sul da sua testa pelos ventos moderados que vão de NNE (acção principalmente eolica) a NW (acção principalmente da vaga de vento sôbre a praia) os quais haviam prevalecido anteriormente, começaram a ser transportadas, depois, para a zona Sul do molhe Norte pelas fortes vagas de NW a W que se produziram logo em Agôsto e durante largo periodo.

As posições das linhas de P. M. e B. M. em 8, 14 e 29 de Agôsto, em 5 e 17 de Setembro dêsse ano mostram a progressão dêste deslocamento.

Êste caminhamento produzido pela acção da vaga — varrendo e zig-zagueando — é auxiliado pelas correntes convergentes de enchente, reforçadas, as que convergem de NW., pela corrente produzida pelos ventos que sopram de N. a NW. Por outro lado, a corrente principal de entrada para o pôrto, apresentando assim, nestas ocasiões, as mais freqüentes, a direcção de NW. para SE., incide no molhe Sul, reflectindo-se e deixando encostada ao molhe Norte uma zona de menor velocidade, ou zona de remanso, onde o depósito das areias que transporta vai concorrer com o efeito do arrastamento referido, para a formação de uma restinga. Esta é tanto mais internada quanto mais persistente e forte é a acção dos ventos de NW. a W. que arrastaram as areias para o interior.

Ela vem dar uma feição característica ao regimen da barra.

As alternativas de formação dessa restinga ou do seu desaparecimento, deram lugar à recomeçada oscilação da barra que, não fazendo mais do que dar plena confirmação às previ-

sões dos Engenheiros que fizeram parte da Comissão de Classificação de Portos, a que o signatário teve a honra de pertencer, e que preconizaram o prolongamento dos molhes e sua inflexão para WSW.; às do autor do projecto executado, Senhor Engenheiro Von Haffe; e às repetidas instâncias do signatário, veio mostrar, de modo indiscutível, a insuficiência do sistema de obras executado e fornecer, pela significação especial da fase registada no plano de 1934, a mais valiosa indicação experimental sôbre a forma como se deve agir para resolver o problema de modo definitivo.

Uma vez formada a restinga e logo que o seu internamento ultrapasse consideràvelmente a testa do molhe Norte, ela desvia a corrente de vazante da Ria, provoca-lhe velocidade considerável, em resultado do estrangulamento produzido e, fazendo-a reflectir no molhe Sul, encaminha-a para NW., com velocidade suficiente para, vencendo a solicitação da corrente de vazante exterior e declive geral correspondente, abrir e manter aberto um canal a NW., através do banco, simultâneamente com o canal natural a WSW.

Para a conservação daquele canal passa a contribuir, então, o ramo que por êle se estabelece, da corrente de enchente, freqüentemente reforçado pela corrente produzida pelos ventos dos rumos de N. a NW. Enquanto se mantêm moderados, contribuem ainda estes ventos para a conservação do passe a NW. por um outro processo: com efeito, não produzindo agitação muito sensível nos pequenos fundos, não põem grandes quantidades de areia em suspensão; êles arrastam, porém, sôbre o «estran» quantidades consideráveis pelo processo zig-zagueante.

As quantidades de areia assim acumuladas em tôrno da testa do molhe Norte e introduzidas, depois, pela enchente, vão alimentar e engrossar a restinga, contribuindo para manter, conseqüentemente, a reflexão da vazante. Esta acumulação das areias em tôrno da testa do molhe Norte pela acção dos ventos de N. a NW. é confirmada pelo exame do registo dos ventos durante o mês que precedeu o levantamento de 4 de Novembro de 1935.

Outra é a acção dos temporais e vagas de NW. suficientemente fortes para fazerem consideráveis transportes de areia sôbre os pequenos fundos e para pôrem em suspensão nas correntes litorais que provocam, grandes quantidades do mesmo material. Essas grandes massas de areias sobretudo em ocasiões em que a elevação do plano de água exterior, provocada pelo temporal, restringe muito as correntes de vazante e de enchente para a Ria, vão obstruir o braço NW. do canal e impelem-no mais para o Sul, chegando a fazê-lo coincidir com o braço natural a WSW.

Os temporais de WSW. e SW., sobretudo estes, assoriam o braço a WSW. do canal da barra e desviam-no para NW., como efeito imediato. Êles produzem, porém, pela incidência directa das suas vagas, uma corrosão na restinga, emagrecendo-a, assim como à praia em tôrno da testa do molhe Norte e, assim, contribuem, passado algum tempo, para o restabelecimento da situação favorável do canal a WSW., visto que, destruindo ou reduzindo a restringa e enfraquecendo temporàriamente as origens da sua formação, contribuem para evitar a perniciosa reflexão da vazante.

As considerações apresentadas encontram-se documentadas, em parte pelos planos hidrográficos de 1865, de 1914 e de 1934, pelos levantamentos das linhas de P. M. e B. M. e pelos levantamentos hidrográficos feitos durante os anos de 1935 e 1936, e ainda pelos factos de observação pessoal, directa, que vamos apresentar.

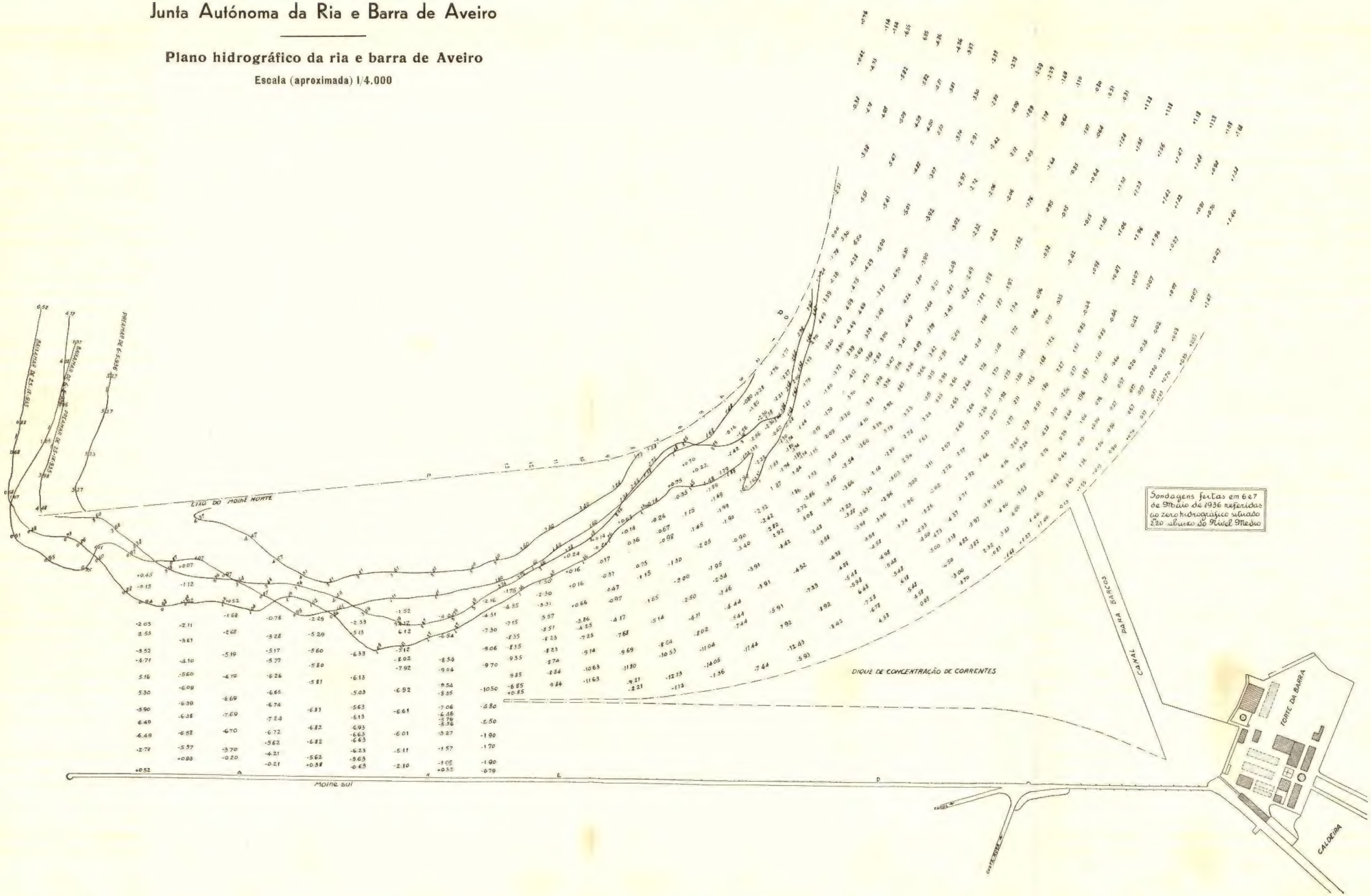
Prolongou-se durante o fim do mês de Novembro e 1.ª quinzena de Dezembro de 1935 a manifestação de fortes ventos de Norte e Noroeste que atiraram com o canal da barra, primeiro, para SW. e depois quási completamente o fecharam. Êles provocaram grande acumulação de areia na praia a Norte do molhe Norte e por fora da testa dêste, a W., e uma enorme restinga de mais de 150 m. de largura a Sul da testa do molhe, a qual, estendendo-se muito para W. e para S., fechou a saída da barra a NW.

Esta restinga que, para S. da testa do molhe chegou a ultrapassar o alinhamento do trôço comum dos diques, não se deslocou para o interior por falta de ventos violentos e prolongados de WNW. e de W.; mas, sobretudo, porque, fechado o braço de NW., se estabeleceu a corrente principal de enchente num per-

Junta Autónoma da Ria e Barra de Aveiro

Plano hidrográfico da ria e barra de Aveiro

Escala (aproximada) 1/4.000



curso proveniente de SW. a WSW., de forma que incidindo na zona a S. do molhe Norte, onde costumava formar-se a restinga interior, impediu a formação desta.

Modificou-se, assim, fortemente o regimen que se observara nos meses anteriores: a corrente de vazante, seguindo ao longo do dique N. de convergência, tangenciava a testa do trôço comum e, não encontrando estrangulamentos ou projecções do lado Norte que a fizessem incidir sôbre o molhe Sul, ia tangenciar a testa dêste, saindo para WSW. e SW., como se dava em Janeiro de 1935.

Assim encaminhada, a corrente começou a cortar a forte barra geral que se formara e a melhorar as condições do canal da barra. Veio depois em apoio da acção da corrente de vazante, favoràvelmente encaminhada, a acção da forte cheia do fim de Dezembro de 1935, que completou a melhoria.

Mostra esta fase da evolução que da existência de um molhe Norte prolongado — aqui o molhe natural de areia que se estendia mais de 100 metros para fora da testa do molhe Norte — resultaram as seguintes vantagens:

1) Uma orientação mais favorável da enchente;
2) O desaparecimento completo da nociva restinga interior;
3) A concentração da vazante num só braço bem orientado;
4) O aprofundamento do passe.

Não se atingiu é certo um melhoramento estável; nem, de longe, as profundidades e larguras necessárias a um acesso seguro e garantido; mas demonstrou a natureza a exactidão das previsões em que se baseou a elaboração do Ante-projecto pelo então director do pôrto, Engenheiro J. R. Coutinho de Lima, Ante-projecto que vai indicado a vermelho na planta hidrográfica de 1934 atrás apresentada.

A esta situação de Dezembro de 1935 sucedeu-se um período de temporais repetidos e violentos de S. e SW. que iniciados no meado de Dezembro, predominaram até Fevereiro de 1936 e que determinaram um desvio acentuado do canal da barra, que já em 2 de Janeiro de 1936 estava virado a W. e que seguiu depois para NW.

Êste desvio, a-pesar-da grande rebentação, é assinalável na fotografia aérea feita pelo Centro de Aviação Naval de Aveiro em 10 de Fevereiro. Como se vê desta fotografia, não tinha a restinga um grande desenvolvimento, estando a linha de P. M. bastante próxima do molhe, o que mostra o ataque da restinga pelas vagas de SW.; e vê-se, por outro lado, como é fraco o desenvolvimento da praia a Norte, a Oeste e a Sul da testa do molhe Norte, o que é natural conseqüência dos temporais de SW.

Por outro lado, assoriara-se muito a praia do farol, a S. da testa do Molhe Sul.

É muito interessante que, tendo-se produzido a partir de 23 de Fevereiro e nos primeiros dias de Março de 1936 umas fortes noroestadas e nortadas, por vezes mesmo fortíssimas, que provocaram contra todo o molhe Norte acumulações de areia de 2 metros de altura e mais e que lançaram para o braço a S. dos diques de convergência e para a pequena doca do Forte da Barra grandes quantidades de areia dos atêrros, caso que nunca se dera tão acentuadamente, logo se viu a seguir a estas nortadas uma notável acumulação de areias no prolongamento do molhe Norte, restabelecendo-se aí o desenvolvido banco que os temporais de Sudoeste tinham feito desaparecer, e o canal da barra, em 6 e 7 de Março, estava deslocado novamente para um sector entre o Oes-Sudoeste e Sudoeste, com uma grande largura, e profundidade tal que na meia-maré já não havia rebentação, facto que foi verificado pelo signatário e pelo piloto-mór da barra de Aveiro. A grande largura e profundidade eram devidas, certamente, ao forte refôrço trazido pela grande quantidade de águas de cheia às correntes de vazante, bem encaminhadas, pela ausência da restinga interior que não houvera tempo de se refazer em tão poucos dias, depois de fortemente reduzida pela longa temporada de Sudoestes. Com esta situação coïncidia uma melhoria considerável do regimen do braço Norte, ou de S. Jacinto e parte comum do canal, entre os molhes, devido à acção das cheias e, sobretudo, à ausência da restinga.

Também esta melhoria que vemos manter-se depois, mostra a grande influência da reflexão da vazante na formação da restinga. Com efeito, primeiro a acção da última campanha das dragagens (3 de Outubro de 1935 a 15 de

Fevereiro de 1936) e depois a acção das fortes e prolongadas cheias, arrastando as areias da forte saliência existente para juzante do redente principal de S. Jacinto, alargaram muito o canal do Norte e deslocaram muito para juzante a incidência da corrente no dique Norte, prolongando muito mais a corrente com o dique e evitando, assim, a incidência violenta da corrente do braço Norte no molhe Sul e, portanto, a reflexão da vazante para NW. Deve-se acrescentar aqui que o aprofundamento sensível que teve o «canal para barcos» em que, durante a maior parte da maré a corrente vai do braço Norte para o braço Sul com forte velocidade, tem acentuado a êste canal uma função de regulador que muito contribuiu para a melhoria do regimen citada. Com efeito, essa descarga tem contribuído para aumentar sensìvelmente o caudal do braço Sul equilibrando-o mais com o braço Norte e evitando a queda brusca sôbre o molhe Sul que as águas do braço Norte faziam na vazante. Assim passou a notar-se durante êste período uma concordância quási osculante das correntes dos dois braços, com o desaparecimento de uma grande parte das perturbações — redemoinhos e quedas de água — que anteriormente se notavam.

A seguir às fortes, mas pouco prolongadas nortadas que referimos, voltaram a soprar demoradamente os ventos de S. e SW. que se mantiveram, com pequenas intermitências, até meados de Abril. Foi sob a influência dêstes ventos que o canal principal da barra voltou a deslocar-se para WNW., rumo que tomaram na sua saída, em 18 de Abril, os dois primeiros bacalhoeiros: *Silvina* e *Cruz de Malta*, que neste ano de 1936 saíram a barra de Aveiro para a Terra Nova. Como, porém, em 14 dêsse mês soprara forte noroestada, seguida de ventos do N., o regimen tornara-se indeciso e havia através do banco vários canais com pouca água, tendo o mais profundo apenas 11 pés e meio em P. M. A. M.

Nos dias 19 e 20 de Abril continuaram a soprar ventos do N. por vezes fortes, tendo-se observado um deslocamento do canal da barra de cêrca de 50 m. para Sul, na sua passagem sôbre o banco, como se verificou pela rota já quási a WSW. que teve de seguir a draga *Möve* que, em 21 de Abril, saíu do pôrto de Aveiro para o Algarve. Devemos notar que estas intermitências ao regimen SW. actuando sôbre o canal, não afectaram apreciàvelmente a forma da praia imersa.

Apresentamos, por fim, o plano hidrográfico interior de 6 e 7 de Maio de 1936. Nêle figuram as linhas de P. M. e de B. M. de 6 de Maio de 1936 e, também, para comparação, as de 25 de Setembro de 1935. Esta situação de Setembro de 1935, conseqüência de prolongadas nortadas e noroestadas, de intensidade moderada, corresponde, como se vê, a uma desenvolvida restinga e a uma acumulação sensível de areias em tôrno da testa do molhe Norte.

Pelo contrário, a situação de 6 de Maio de 1936, seguindo-se a uma longa temporada de fortes ventos de SW., apenas interrompida por curtos períodos, e embora na 2.ª quinzena de Abril tivesse mudado a feição meteorológica o bastante para provocar oscilações no canal da barra de relativa importância, apresenta uma praia pobre a N. do molhe Norte e uma fraca ou quási nula restinga. Isto embora durante todo êste período o canal da barra estivesse a NW., exceptuados os curtos períodos acima mencionados.

Vê-se assim, contra o que supõe o autor do ante-projecto, que não basta a permanência prolongada do canal principal da barra a NW. e a conseqüente proveniência dêsse rumo da corrente principal de enchente para que se produza a restinga. Necessário é, para que ela se produza, sobretudo, a persistência de ventos de NE. a NW., como atrás pudemos verificar. Assim, a ideia de uma defesa do canal só com um molhe Norte muito mais desenvolvido do que um molhe Sul, concepção que se baseava na ideia da influência da enchente na formação da restinga, não tem um fundamento aceitável, em face da evolução que pudemos acompanhar.

Vamos agora resumir os vários aspectos da evolução hidrográfica para melhor compreensão das conclusões dêste estudo que a seguir apresentamos.

Resumindo:

Vimos que os ventos de NE. a NW. acumulam areias a N. do molhe Norte e em tôrno

da sua testa. Que os ventos moderados de NW. a W., auxiliados pela corrente de entrada da maré reforçada pela de vento, introduzem essas areias no pôrto, formando a restinga. Que a vazante, desviada por esta restinga, sôbre o molhe Sul e por êle reflectida abre o canal da barra a NW.

Que os ventos moderados de N. a WNW. contribuem para manter esta situação. Que os ventos de NW. a WNW. fortes, fecham o braço NW. desviando-o para WSW. Que a vazante, atacando, então, como sempre, a restinga, que nestas condições deixa de ser alimentada, por estar a passagem das aluviões litorais barrada por um desenvolvido banco, a vai cortando e arrastando, contribuindo para a abertura de um bom canal único a WSW. Que os ventos de SW. e WSW. atiram o canal da barra para NW., o que é inconveniente; mas que, pelo ataque directo da restinga e pelo empobrecimento que provocam da zona de alimentação da restinga, podem concorrer para uma ulterior melhoria da situação, se o canal vier a deslocar-se para SW. pela intervenção de uma forte noroestada.

Como não há uma seqüência regular da manifestação dos vários agentes mencionados, não se observa uma evolução regular e uniforme, andando a situação do canal da barra ao sabor dos caprichos da natureza.

As conclusões que se tiram sôbre a influência das várias modalidades da evolução observada no regimen do acesso são as seguintes:

1) Tendência geral ao deslocamento final de N. para S. das aluviões litorais, com fases, por vezes longas, podendo atingir 10 anos, de deslocamentos predominantes de S. para N.;
2) Deslocamento do passe exterior para WSW. sob a influência dos ventos fortes de NW. e para NW. sob a influência dos ventos fortes de SW.;
3) Duvidosa proveniência de NW. da corrente geral de enchente;
4) Vantagem para o regimen de propagação da maré na ria, das fases da evolução em que o passe exterior está voltado a WSW. e inconveniente das fases em que está voltado a NW.;
5) Inconveniente da existência da restinga, reflectindo-se desfavoràvelmente na situação do passe exterior;
6) Explicação da fase a NW. do canal exterior independentemente da direcção da propagação da enchente e, portanto, sem razão da diferença, por alguns engenheiros alvitrada, entre os desenvolvimentos a dar aos molhes Norte e Sul, salvo uma pequena diferença que poderia ter justificação na maior quantidade de areias que serão acumuladas do lado N. e na necessidade de orientar a saída do canal a WSW.;
7) Influência nociva da restinga formada a Sul do molhe Norte. Verificação do aparecimento de dois canais exteriores logo que ela se desenvolve.

   Verificação do mau regimen e da má condição do passe exterior quando há 2 canais. Verificação da inevitabilidade da ocorrência da restinga desde que os molhes não se prolonguem;
8) Indispensabilidade da construção de um molhe Sul desenvolvido para defesa do canal nas fases — estações ou grupos de anos — de movimento predominante das aluviões de Sul para Norte.

As conclusões que resultam dêste estudo quanto às obras são as seguintes:

1) Que o problema do pôrto de Aveiro só se pode resolver de um modo definitivo, tirando a entrada do pôrto da zona da instabilidade do regimen da barra que é a zona entre o banco exterior e a costa. Para êste fim são indispensáveis molhes que coloquem a entrada em água profunda, em cotas não inferiores a ($-10^{m},00$).

   Desta forma, impede-se a entrada de areias e, conseqüentemente, evita-se a formação da restinga;
2) Que os dois molhes a construir são igualmente necessários, não havendo razão para se dar ao do norte maior desenvolvimento do que ao do sul, diferença que seria em prejuízo do regimen da entrada do pôrto, onde, pela acção das correntes de vento se produziriam redemoinhos que dariam lugar a assoriamentos inconvenientes. Além disto seria assim, durante

os temporais de SW., freqüentes e muito importantes, deixado o passe de acesso exposto a forte rebentação, arriscando-se os navios, a serem lançados sôbre o molhe Norte. Acresce que o regimen do canal de acesso, sujeito aos assoriamentos e à rebentação mencionados se tornaria sinuoso e instável;

3) Que a entrada do canal deve ser orientada e disposta de forma que o trôço exterior do canal possa sair para WSW.

A disposição proposta no Ante-projecto e que se aproxima da que o signatário há muito recomendara, não realiza, contudo, todos estes objectivos, carecendo de algumas modificações.

Ela baseou-se na ideia de evitar os nocivos efeitos, atribuídos pelo seu autor à corrente de NW. que admite ser a de fluxo da maré. Do estudo que acabamos de apresentar conclui-se que essa corrente deve ser, sobretudo, a produzida pelos ventos reinantes e dominantes, sendo duvidoso se com ela coincide a de enchente.

Conclui-se ainda que, embora essa corrente possa ter alguma influência na conservação do braço a NW. do canal da barra, uma vez êle aberto, não é, porém, a sua determinante, como o autor do Ante-projecto admite.

Deve observar-se que, ainda nesta hipótese, admitida no Ante-projecto, a diferença de desenvolvimentos dada aos molhes, por forma a recolher a testa do molhe Sul para dentro da linha paralela à direcção da enchente tirada pela testa do molhe Norte, não resolveria o problema visado pelo autor de obter a ultrapassagem do molhe Sul pela referida corrente.

Com efeito, dada a chamada interior produzida pela grande diferença de nível durante a enchente, a corrente de fluxo, logo que ultrapassasse a testa do molhe Norte deflectiria para dentro do pôrto indo, necessàriamente, incidir no molhe Sul para se reflectir em direcção à actual entrada do canal, arrastando consigo as aluviões transportadas. Ao mesmo tempo, derivariam dela outros ramos e produzir-se-iam perturbações que iriam fatalmente provocar a formação de um banco a Sul da parte saliente do molhe Norte e mesmo um pouco para dentro. Êste banco em tempos de N e NW deflectiria o canal fortemente para SW.

Em tempos WNW e W, seria arrastado para dentro, indo prejudicar o canal pròximamente da mesma maneira que a restinga que hoje se forma.

Em tempos de S e SW seria atacado pelas vagas dêste rumo e arrastado para fora. Teríamos assim reproduzida a actual instabilidade do canal de acesso e exposta a navegação na entrada à rebentação que se produziria nos vários bancos a que daria lugar êste mau regime.

Por outro lado, no que respeita à expansão da vaga, exposta a entrada a muitos dos mais violentos temporais que açoitam a costa (WNW a S) e não sendo seguida de um considerável alargamento, resultaria a conservação da violência da vaga durante o percurso interior, o que é sobremodo inconveniente para a navegação sobretudo a de vela, tão importante neste pôrto, assim como para a mobilização dos fundos móveis do ante-pôrto.

São estas considerações que me levam, aprovando inteiramente o traçado do molhe Norte, a sugerir a substituïção do traçado do molhe Sul pelo que vai figurado a prêto na planta geral.

Assim evitam-se as perturbações e instabilidades na entrada e suas proximidades, fazendo-se, próximo das raizes dos molhes, sobretudo do molhe Sul os depósitos de quaisquer aluviões arrastadas na derivação das correntes litorais que se estabeleça para dentro do pôrto.

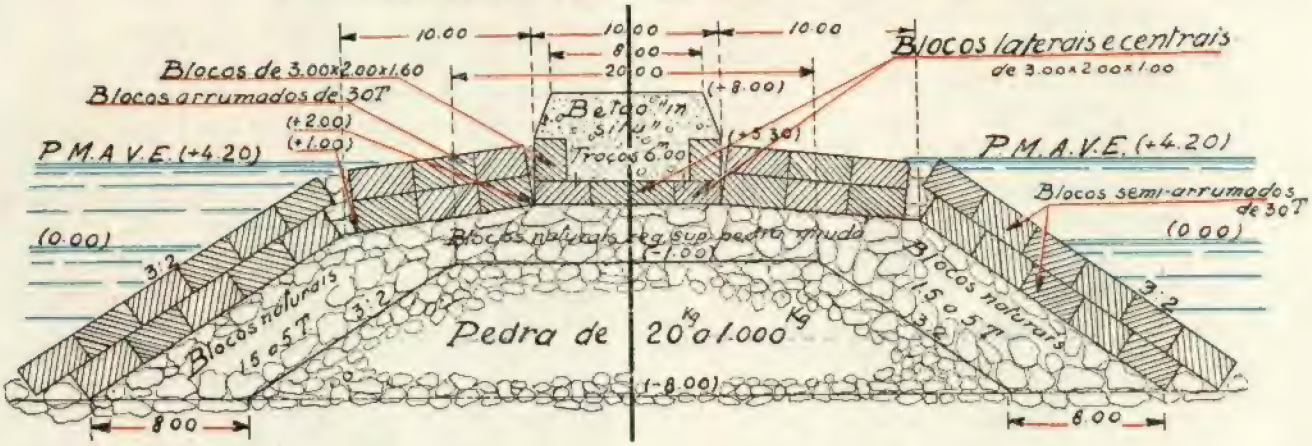
Por outro lado, reduz-se a largura da entrada para 250 m., em vez dos 300 m. projectados, largura que a comparação com as secções interiores entre o dique de concentração das correntes e o dique marginal, por um lado, e entre aquele e o molhe Sul, por outro, mostra ser inteiramente suficiente, se se tem em conta que a secção do braço de S. Jacinto, na referida passagem, se encontra sempre obstruída em um têrço, metade e às vezes ainda uma fracção maior da sua largura, ao passo que a secção na futura entrada estará sempre desobstruída, e com grandes fundos.

Com o novo traçado obtém-se uma expansão muito maior para as vagas entradas e, conseqüentemente, o seu mais rápido amortecimento.

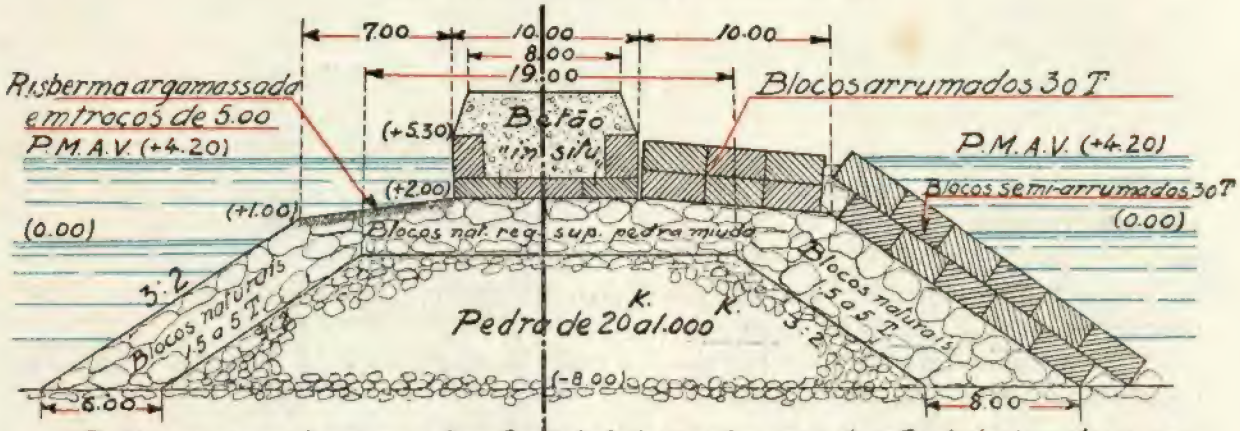
Pelo que respeita à divisão da execução do trabalho em fases, julgamos que a terminação do molhe Sul no ponto que vai marcado, pro-

PÔRTO DE AVEIRO

Perfil-tipo para o prolongamento do molhe norte

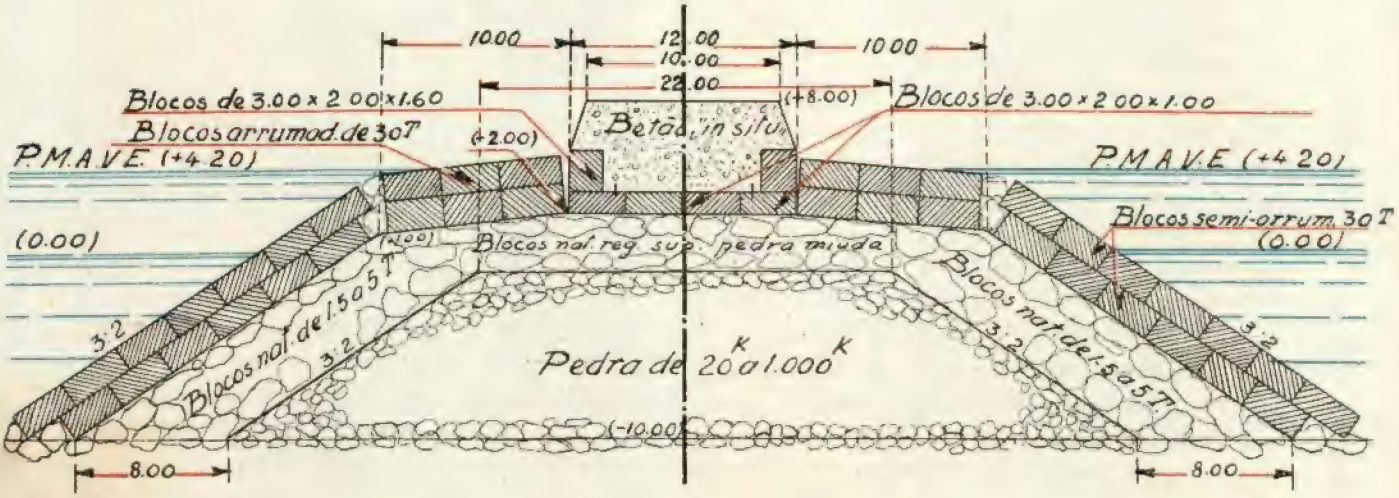


Perfil-tipo para o novo molhe sul



N.B.: Não se executando a extensão total dos molhes, a protecção interior deve ser feita com uma fiada simples de blocos nos 200 m. que precedem a testa

Perfil-tipo para as testas dos molhes



visòriamente, junto à cota de ($-4^m,60$) na planta geral, apresenta vantagens tão decisivas sôbre a limitação posta a êste molhe no ante-projecto, que não pode haver hesitação, a despeito do excesso de custo, de 7 a 8.000 contos, que terá compensação no periodo muito mais largo por que se poderá manter a obra limitada à 1.ª fase, sem prejuízo da eficiência e crédito do pôrto.

Pelo que respeita aos tipos de molhes a adoptar preconizou o signatário a aplicação dos que sugerira numa conferência proferida na Associação dos Engenheiros Civis Portugueses e que são reproduzidos com a respectiva justificação no artigo publicado no n.º 720, de Junho de 1935, da respectiva Revista. Vão êsses tipos de molhes representados no desenho junto.

Tendo as ideias e soluções acima apresentadas merecido o parecer favorável do douto Conselho Superior de Obras Públicas e a aprovação do Govêrno, foram adoptadas como bases para a elaboração do projecto definitivo das obras de melhoramento da barra de Aveiro, hoje superiormente aprovado e que se espera tenha em breve execução.

ERRATA

Na primeira parte dêste artigo, publicada no número 108 da «Técnica», devem fazer-se as seguintes rectificações:

— Na página 568, 2.ª coluna, 5.ª linha abaixo do quadro, onde se lê *mas são imprescindíveis*, deve ler-se *mas não são imprescindíveis;*

— Nos mapas insertos entre páginas 574 e 575, deverá colocar-se *em quinto e último lugar* o que vai, por lapso, *em quarto lugar*.

Cálculo da estrutura duma bancada para um Estádio de betão armado, elaborado pela Sociedade de Empreitadas e Trabalhos Hidráulicos e cedido pelo seu Director, Eng. Belard da Fonseca (Prof. do I. S. T.)

*(Conclusão *)*

V. Estrutura livre. Cálculo aproximado

Nas figs. 11-17 estão representados os diagramas dos momentos nos pilares de acôrdo com o cálculo acima. Por meio dêstes diagramas acha-se fàcilmente as impulsões (imaginárias) da estrutura rigida. Na transição da estrutura de rígida a livre, estas articulações cambiarão de lugar até corresponder com as condições de estabilidade da estrutura livre. O processo seguido neste cálculo aproximado depreende-se dos cálculos que a seguir transcrevemos.

a) *Pêso próprio total* (ver fig. 11)

$$H_1 = \frac{17{,}09}{4{,}30} = 4{,}00 \text{ t}, \qquad H_2 = \frac{14{,}85}{1{,}43} = 1{,}04 \text{ t}$$

Supomos agora que H_1 diminui e H_2 aumenta a mesma quantidade

$$\Delta H = \frac{4{,}00 - 1{,}04}{2} = 1{,}48 \text{ t}$$

$$H_3 = \frac{9{,}86}{3{,}20} = 3{,}08 \text{ t}, \qquad H_4 = \frac{4{,}10}{3{,}20} = 1{,}28 \text{ t}, \qquad \Delta H' = \frac{3{,}08 - 1{,}28}{2} = 0{,}90 \text{ t}$$

Obteremos assim os momentos suplementares:

Ponto B:	barra :		= + 7,18 tm
	pilar inferior :	+ 3,20 . Δ H'	= + 2,88 »
	pilar superior :	— 2,90 . Δ H	= — 4,30 »
Ponto E:	barra :		= — 4,62 »
	pilar inferior :	— 3,20 . Δ H'	= — 2,88 »
	pilar superior :	+ 1,70 . Δ H	= + 1,74 »
Ponto C:		+ 4,30 . Δ H	= + 6,35 »
Ponto F:		— 1,43 . Δ H	= — 2,12 »

b) *Sobrecarga na barra CF* (fig. 12)

$$H_1 = \frac{14{,}15}{5{,}55} = 2{,}55 \text{ t}, \qquad H_2 = \frac{16{,}15}{2{,}03} = 7{,}95 \text{ t}, \qquad \Delta H = \frac{7{,}95 - 2{,}55}{2} = 2{,}70 \text{ t}$$

$$H_3 = \frac{3{,}83}{3{,}20} = 1{,}20 \text{ t}, \qquad H_4 = \frac{2{,}90}{3{,}20} = 0{,}90 \text{ t}, \qquad \Delta H' = \frac{1{,}20 - 0{,}90}{2} = 0{,}15 \text{ t}$$

(*) Ver n.º 108 da «Técnica».

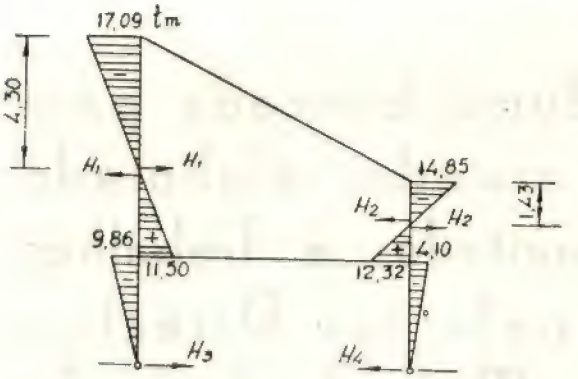


Fig. 11

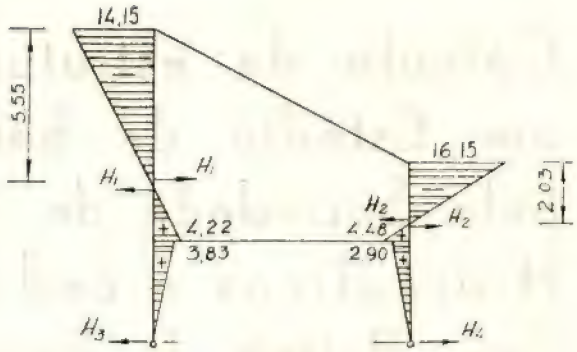


Fig. 12

Momentos suplementares.

Ponto B :	barra :		= — 4,93 tm
	pilar inferior :	— 3,20 . 0,15	= — 0,48 »
	pilar superior :	+ 1,65 . 2,70	= + 4,45 »
Ponto E :	barra :		= + 2,02 »
	pilar inferior :	+ 3,20 . 0,15	= + 0,48 »
	pilar superior :	— 0,57 . 2,70	= — 1,54 »
Ponto C :		— 5,55 . 2,70	= —15,00 »
Ponto F :		+ 2,03 . 2,70	= + 5,50 »

c) *Sobrecarga na barra BE* (fig. 13)

$$H_1 = \frac{0,74}{0,91} = 0,81 \text{ t}, \qquad H_2 = \frac{0,88}{0,25} = 3,52 \text{ t}, \qquad \Delta H = \frac{3,52 - 0,81}{2} = 1,35 \text{ t}$$

$$H_3 = \frac{10,83}{3,20} = 3,40 \text{ t}, \qquad H_4 = \frac{6,51}{3,20} = 2,04 \text{ t}, \qquad \Delta H' = \frac{3,40 - 2,04}{2} = 0,68 \text{ t}$$

Ponto B :	barra :		= — 6,34 tm
	pilar inferior :	+ 3,20 . 0,68	= + 2,17 »
	pilar superior :	+ 6,29 . 1,35	= + 8,50 »
Ponto E :	barra :		= + 0,82 »
	pilar inferior :	— 3,20 . 0,68	= — 2,17 »
	pilar superior :	— 2,25 . 1,35	= — 3,05 »
Ponto C :		— 0,91 . 1,35	= — 1,23 »
Ponto F :		+ 0,25 . 1,35	= + 0,34 »

d) *Sobrecarga na consola FF'* (fig. 14).

$$H_1 = \frac{0,51}{5,65} = 0,09 \text{ t}, \qquad H_2 = \frac{3,85}{2,01} = 1,90 \text{ t}, \qquad \Delta H = \frac{1,90 - 0,09}{2} = 0,81 \text{ t}$$

$$H_3 = \frac{0,29}{3,20} = 0,09 \text{ t}, \qquad H_4 = \frac{0,66}{3,20} = 0,20 \text{ t}, \qquad \Delta H' = \frac{0,20 - 0,09}{2} = 0,05 \text{ t}$$

Ponto B :	barra		= + 1,10 tm
	pilar inferior :	— 3,20 . 0,05	= — 0,16 »
	pilar superior :	— 1,55 . 0,81	= — 1,26 »
Ponto E :	barra		= — 0,32 »
	pilar inferior :	+ 3,20 . 0,05	= + 0,16 »
	pilar superior :	— 0,59 . 0,81	= + 0,48 »

Ponto C :	$+ 5{,}65 \cdot 0{,}81$	$= + 4{,}58$ tm
Ponto F :	$- 2{,}01 \cdot 0{,}81$	$= - 1{,}63$ »

e) *Sobrecarga na consola EE'* (fig. 15).

$$H_3 = \frac{0{,}59}{3{,}20} = 0{,}18 \text{ t}, \qquad H_4 = \frac{2{,}48}{3{,}20} = 0{,}77 \text{ t}, \qquad \Delta H' = \frac{0{,}77 - 0{,}18}{2} = 0{,}30 \text{ t}$$

Ponto B :	barra	$: + 0{,}45 \cdot 0{,}96$	$= + 0{,}43$ tm
	pilar inferior	$: + 0{,}30 \cdot 3{,}20$	$= + 0{,}96$ »
	pilar superior	$: + 0{,}55 \cdot 0{,}96$	$= + 0{,}53$ »
Ponto E :	barra	$: - 0{,}37 \cdot 0{,}96$	$= - 0{,}36$ »
	pilar inferior	$: - 0{,}30 \cdot 3{,}20$	$= - 0{,}96$ »
	pilar superior	$: - 0{,}63 \cdot 0{,}96$	$= - 0{,}60$ »
Ponto C :		$- 0{,}53 \cdot \frac{1{,}18}{6{,}02}$	$= - 0{,}10$ »
Ponto F :		$+ 0{,}60 \cdot \frac{0{,}35}{2{,}25}$	$= + 0{,}10$ »

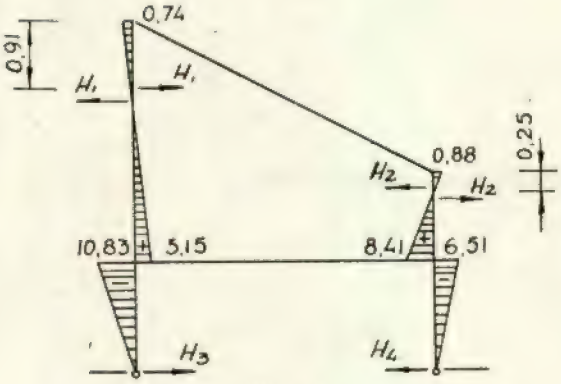


Fig. 13

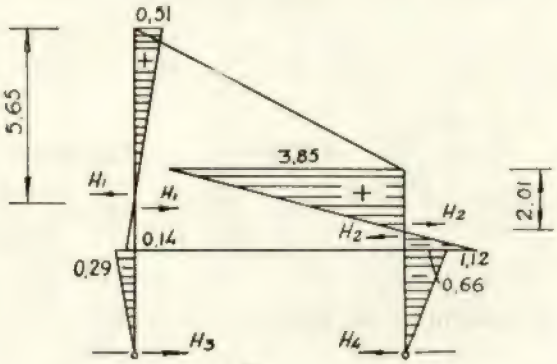


Fig. 14

f) *Pressão do vento vindo da esquerda* (fig. 16)

$$H_3 = \frac{1{,}74}{3{,}20} = 0{,}54 \text{ t}, \qquad H_4 = \frac{0{,}06}{3{,}20} = 0{,}02 \text{ t}.$$

$$\text{Pressão total} = (3{,}20 + 7{,}20 + 2{,}95) \cdot 0{,}585 + 1{,}04 = 8{,}83 \text{ t}$$

H_3 diminui e H_4 aumenta com ΔH.

$$\Delta H - H_3 + \Delta H + H_4 = 8{,}83 \qquad \Delta H = \frac{8{,}83 + 0{,}54 - 0{,}02}{2} = 4{,}67 \text{ t}$$

Ponto B :	barra	$: + 0{,}45 \cdot 15{,}00$	$= + 6{,}75$ tm
	pilar inferior	$: + 3{,}20 \cdot 4{,}67$	$= + 15{,}00$ »
	pilar superior	$: + 0{,}55 \cdot 15{,}00$	$= + 8{,}25$ »
Ponto E :	barra	$: - 0{,}37 \cdot 15{,}00$	$= - 5{,}55$ »
	pilar inferior	$: - 3{,}20 \cdot 4{,}67$	$= - 15{,}00$ »
	pilar superior	$: - 0{,}63 \cdot 15{,}00$	$= - 9{,}45$ »
Ponto C :		$- \frac{1{,}18}{6{,}02} \cdot 8{,}25$	$= - 1{,}52$ »
Ponto F :		$+ \frac{0{,}35}{2{,}25} \cdot 9{,}45$	$= + 1{,}46$ »

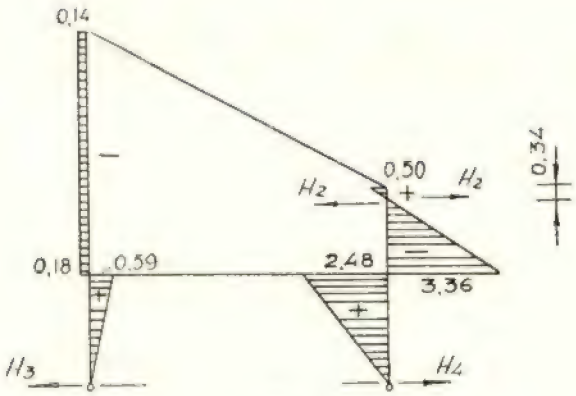


Fig. 15

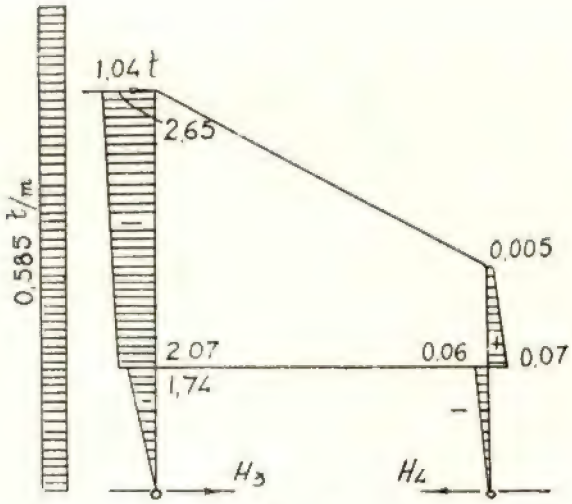


Fig. 16

g) *Pressão do vento da direita* (fig. 17)

$$(H_2 = \frac{0{,}63}{2{,}50} = 0{,}25 \text{ t})$$

$$H_3 = \frac{0{,}32}{3{,}20} = 0{,}10 \text{ t} \qquad \text{Pressão total} = (7{,}20 + 2{,}95)\ 0{,}585 + 2{,}46 + 1{,}32 = 9{,}73 \text{ t}$$

$$H_4 = \frac{0{,}02}{3{,}20} \sim 0$$

H_3 aumenta e H_1 diminui com Δ H

$$\Delta H + H_3 + \Delta H - H_4 = 9{,}73. \qquad \Delta H = \frac{9{,}73 - 0{,}10}{2} = 4{,}82 \text{ t}$$

$$\text{Momentos} = -\frac{4{,}82}{4{,}67} = -1{,}04 \text{ multiplicado pelos valores f)}$$

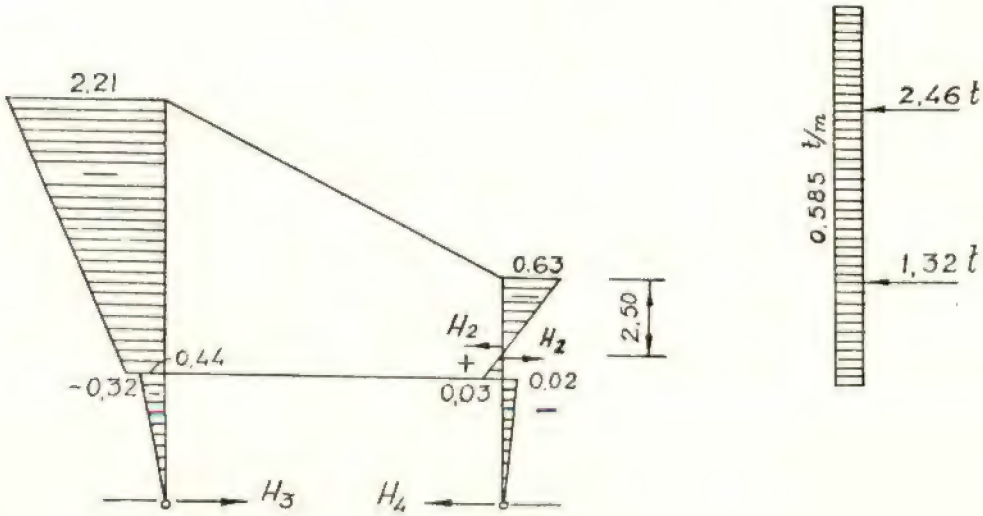


Fig. 17

Ponto B : barra : = — 7,05 tm
pilar inferior : = — 15,60 »
pilar superior : = — 8,65 »

Ponto E : barra : = + 5,80 »
pilar inferior : = + 15,60 »
pilar superior : = + 9,85 »
Ponto C : = + 1,58 »
Ponto F : = — 1,52 »

VI. Variações de temperatura.

a) *Estrutura segurada do lado esquerdo (fig. 18)*

Verifica-se fàcilmente que um aumento de temperatura nos pilares terá uma influência insignificante nos momentos devidos à temperatura. Nos cálculos que seguem consideraremos em conseqüência só as dilatações das barras BE e CF.

Estudaremos primeiramente os efeitos dum aumento de temperatura de 15°.

$$\text{Dilatação térmica } \Delta L = \varepsilon\, t\, L = \frac{1}{10^5} \cdot 15 \cdot 8{,}85 = 0{,}00133 \text{ m}$$

Esta dilatação provocará em D uma impulsão H_1 (para o interior) que produz os seguintes momentos:

Ponto E : pilar inferior : $= -3{,}20\, H_1\ (-11{,}80 \text{ tm})$

pilar superior : $\dfrac{\frac{1}{47{,}3}}{\frac{1}{47{,}3} + \frac{1}{80{,}5}} \cdot 3{,}20 H_1$

$= -0{,}63 \cdot 3{,}20 H_1 \qquad = -2{,}02\, H_1\ (-7{,}45 \text{ »})$

Ponto E : barra $-\dfrac{\frac{1}{80{,}5}}{\frac{1}{47{,}3} + \frac{1}{80{,}5}} \cdot 3{,}20 H_1$

$= -0{,}37 \cdot 3{,}20 H_1 \qquad = -1{,}18\, H_1\ (-4{,}35 \text{ »})$

Ponto F : $+\dfrac{0{,}35}{2{,}25} \cdot 2{,}02\, H_1 \qquad = +0{,}32\, H_1\ (+1{,}18 \text{ tm})$

Ponto B : barra : $+\dfrac{2{,}59}{6{,}26} \cdot 1{,}18\, H_1 \qquad = +0{,}49\, H_1\ (+1{,}82 \text{ »})$

pilar inferior : $+\ 0{,}67 \cdot 0{,}49\, H_1 \qquad = +0{,}33\, H_1\ (+1{,}22 \text{ »})$

pilar superior : $-\ 0{,}33 \cdot 0{,}49\, H_L \qquad = -0{,}16\, H_1\ (-0{,}60 \text{ »})$

Ponto C : $-\dfrac{2{,}59}{7{,}41} \cdot 0{,}32\, H_1 + \dfrac{1{,}18}{6{,}02} \cdot 0{,}16\, H_1 \qquad = -0{,}08\, H_1\ (-0{,}30 \text{ »})$

Em A haverá uma impulsão horizontal (para o exterior):

$$H_1 = \frac{0{,}33\, H_1}{3{,}20} = 0{,}10\, H_1\ (0{,}37 \text{ t})$$

O ângulo de giração no ponto E do pilar ED é igual à giração comum do pilar EF e da barra EB = 31,2 : E.

Teremos assim:

$$\Delta L = \frac{\frac{1}{3} H_1 \cdot 3{,}20^3}{E \cdot I} + \frac{3{,}20\, H_1 \cdot 31{,}2}{E}$$

$$0{,}00133 = \frac{11\, H_1}{2 \cdot 10^6 \cdot 0{,}0170} + \frac{100\, H_1}{2 \cdot 10^6} = 0{,}00032\, H_1 + 0{,}00005\, H_1 = 0{,}00037\, H_1$$

$$H_1 = 3{,}7 \text{ t.}$$

Os valores dos momentos nos nós que se deduzem destas impulsões vão indicados acima entre parêntesis.

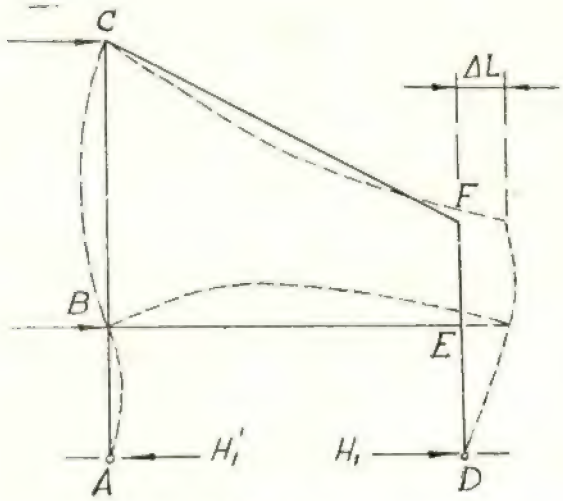


Fig. 18

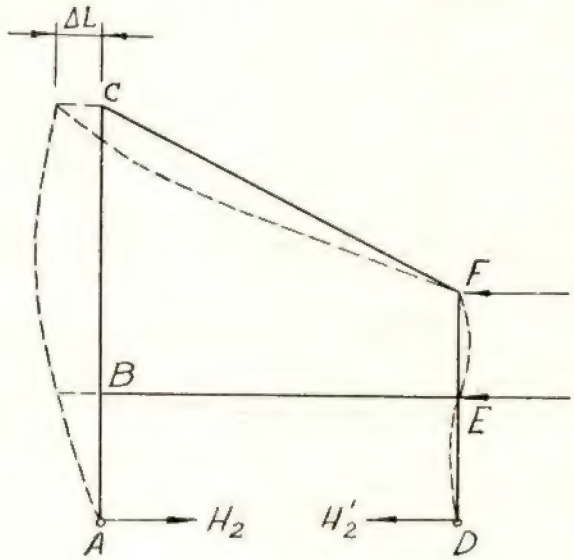


Fig. 19

b) *Estrutura segurada do lado direito* (fig. 19)

Em D haverá uma impulsão horizontal H_2 (para o interior) que produzirá os seguintes momentos:

Ponto B: pilar inferior : $= -\ 3{,}20\, H_2\ (-\ 18{,}80 \text{ tm})$

pilar superior : $\dfrac{\frac{1}{65{,}2}}{\frac{1}{65{,}2} + \frac{1}{81{,}0}} \cdot 3{,}20\, H_2$

$= -\ 0{,}55 \cdot 3{,}20\, H_2 \qquad = -\ 1{,}76\, H_2\ (-\ 10{,}35\ \text{»})$

barra : $= -\dfrac{\frac{1}{81{,}0}}{\frac{1}{65{,}2} + \frac{1}{81{,}0}} \cdot 3{,}20\, H_2$

$= -\ 0{,}45 \cdot 3{,}20\, H_2 \qquad = -\ 1{,}44\, H_2\ (-\ 8{,}45\ \text{»})$

Ponto C : $+\ \dfrac{1{,}18}{6{,}02} \cdot\ 1{,}76\, H_2 \qquad = +\ 0{,}35\, H_2\ (+\ 2{,}06 \text{ tm})$

Ponto E: barra : $+ \frac{2,52}{6,33} \cdot 1,44\ H_2 = + 0,57\ H_2\ (+ 3,36\ tm)$

pilar inferior : $+ 0,43 \cdot 0,57\ H_2 = + 0,25\ H_2\ (+ 1,46\ tm)$

pilar superior: $- 0,57 \cdot 0,57\ H_2 = - 0,32\ H_2\ (- 1,90\ tm)$

Ponto F: $- \frac{2,75}{7,25} \cdot 0,35\ H_2 + \frac{0,35}{2,25} H_2 = - 0,08\ H_2\ (- 0,47\ tm)$

Haverá, pois, em D, a seguinte impulsão para o exterior:

$$H'_2 = \frac{0,25\ H_2}{3,20} = 0,08\ H_2\ (0,47\ t)$$

O ângulo de giração no ponto B do pilar BA é igual à giração comum do pilar BC e da barra BE = 36,0 : E.

$$\Delta L = \frac{\frac{1}{3} H_2 \cdot 3,20^3}{I \cdot E} + \frac{3,20\ H_2 \cdot 36,0}{E}$$

$$0,00133 = \frac{11\ H_2}{2 \cdot 10^6 \cdot 0,0333} + \frac{115\ H_2}{2 \cdot 10^6} = 0,000165\ H_2 + 0,00006\ H_2 = 0,000225\ H_2$$

$$H_2 = 5,9\ t.$$

A impulsão resultante considera-se agora ser a $+ \alpha$ b, onde α se determina pela equação:

$$H_1 - \alpha \cdot H'_2 = - H'_1 + \alpha\ H_2$$

$$3,7 - \alpha \cdot 0,47 = - 0,37 + \alpha \cdot 5,9 \qquad \alpha = 0,64$$

Momentos resultantes do aumento de temperatura (+ 15°).

Ponto B.	Pilar superior	$- 0,60 - 0,64 \cdot 10,35 =$	$- 7,20$ tm
	Pilar inferior	$+ 1,22 - 0,64 \cdot 18,80 =$	$- 10,78$ »
	Barra	$+ 1,82 - 0,64 \cdot 8,45 =$	$- 3,58$ »
Ponto E.	Pilar superior	$- 7,45 - 0,64 \cdot 1,90 =$	$- 8,67$ »
	Pilar inferior	$- 11,80 + 0,64 \cdot 1,46 =$	$- 10,86$ »
	Barra	$- 4,35 + 0,64 \cdot 3,36 =$	$- 2,19$ »
Ponto C		$: - 0,30 + 0,64 \cdot 2,06 =$	$+ 1,02$ »
Ponto F		$: + 1,18 - 0,64 \cdot 0,47 =$	$+ 0.88$ »

Momentos resultantes do abaixamento da temperatura (— 30°)

Ponto B:	pilar superior :	$= + 14,40$ tm
	pilar inferior :	$= + 21,56$ »
	barra :	$= + 7,16$ »
Ponto E:	pilar superior :	$= + 17,34$ »
	pilar inferior :	$= + 21,72$ »
	barra :	$= + 4,38$ »
Ponto C:		$= - 2,04$ »
Ponto F:		$= + 1,76$ »

VII. Momentos resultantes totais.

a) *Pêso próprio total (IVi + Va)*

Ponto B:	barra	:	— 21,36	+ 7,18	=	— 14,18	tm
	pilar inferior	:	— 9,86	+ 2,88	=	— 6,98	»
	pilar superior	:	+ 11,50	— 4,30	=	+ 7,20	»
Ponto E:	barra	:	— 22,75	— 4,62	=	— 27,37	»
	pilar inferior	:	— 4,10	— 2,88	=	— 6,98	»
	pilar superior	:	+ 12,32	+ 1,74	=	+ 14,06	»
Ponto C		:	— 17,09	+ 6,35	=	— 10,74	»
Ponto F:	barra:		— 21,70	— 2,12	=	— 23,82	»
	pilar:		— 14,85	— 2,12	=	— 16,97	»

b) *Sobrecarga na barra CF (IVj + Vb)*

Ponto B:	barra	:	— 0,40	— 4,93	=	— 5,33	»
	pilar inferior	:	+ 3,83	— 0,48	=	+ 3,35	»
	pilar superior	:	+ 4,22	+ 4,45	=	+ 8,67	»
Ponto E:	barra	:	— 1,58	+ 2,02	=	+ 0,44	»
	pilar inferior	:	+ 2,90	+ 0,48	=	+ 3,88	»
	pilar superior	:	+ 4,48	— 1,54	=	+ 2,94	»
Ponto C:		:	— 14,15	— 15,00	=	— 29,15	»
Ponto F:		:	— 16,15	+ 5,50	=	— 10,65	»

c) *Sobrecarga na barra BE (IVk + Vc)*

Ponto B:	barra	:	— 15,98	— 6,34	=	— 22,32	»
	pilar inferior	:	— 10,83	+ 2,17	=	— 8,66	»
	pilar superior	:	+ 5,15	+ 8,50	=	+ 13,65	»
Ponto E:	barra	:	— 14,92	+ 0,82	=	— 14,10	»
	pilar inferior	:	— 6,51	— 2,17	=	— 8,68	»
	pilar superior	:	+ 8,41	— 3,05	=	— 5,36	»
Ponto C:			— 0,74	— 1,23	=	— 1,97	»
Ponto F:			— 0,88	+ 0,34	=	— 0,54	tm

d) *Sobrecarga na consola FF' (IVl + Vd)*

Ponto B:	barra	:	— 0,15	+ 1,10	=	+ 0,95	tm
	pilar inferior	:	— 0,29	— 0,16	=	— 0,45	»
	pilar superior	:	— 0,14	— 1,26	=	— 1,40	»
Ponto E:	barra	:	+ 0,48	— 0,32	=	+ 0,16	»
	pilar inferior	:	— 0,66	+ 0,16	=	— 0,50	»
	pilar superior	:	— 1,12	+ 0,48	=	— 0,64	»

Ponto C:		+ 0,51	+ 4,58	= + 5,09	»
Ponto F:	barra	: — 1,50	— 1,63	= — 3,13	»
	pilar	: + 3,85	— 1,63	= + 2,22	»

e) *Sobrecarga na consola EE' (IVm + Ve)*

Ponto B:	barra	: + 0,77	+ 0,43	= + 1,20	»
	pilar inferior	: + 0,59	+ 0,96	= + 1,55	»
	pilar superior	: — 0,18	+ 0,53	= + 0,35	»
Ponto E:	barra	: — 1,94	— 0,36	= — 2,30	»
	pilar inferior	: + 2,48	— 0,96	= + 1,52	»
	pilar superior	: — 3,36	— 0,60	= — 3,96	»
Ponto C:		— 0,14	— 0,10	= — 0,24	»
Ponto F:		+ 0,50	+ 0,10	= + 0,60	»

f) *Pressão de vento da esquerda (IVn + Vf)*

Ponto B:	barra	: + 0,33	+ 6,75	= + 7,08	»
	pilar inferior	: — 1,74	+ 15,00	= + 13,26	»
	pilar superior	: — 2,07	+ 8,25	= + 6,18	»
Ponto E:	barra	: — 0,13	— 5,55	= — 5,68	»
	pilar inferior	: — 0,06	— 15,00	= — 15,06	»
	pilar superior	: + 0,07	— 9,45	= — 9,38	»
Ponto C:	barra	: — 0,10	— 1,52	= — 1,62	»
	pilar	: — 2,65	+ 1,46	= — 1,19	»
Ponto F:		+ 0,01	+ 1,46	= + 1,47	tm

g) *Pressão de vento da direita (IVo + Vg)*

Ponto B:	barra	: + 0,12	— 7,05	= — 6,93	tm
	pilar inferior	: — 0,32	— 15,60	= — 15,92	»
	pilar superior	: — 0,44	— 8,65	= — 9,09	»
Ponto E:	barra	: — 0,05	+ 5,80	= + 5,75	»
	pilar inferior	: — 0,02	+ 15,60	= + 15,58	»
	pilar superior	: + 0,03	+ 9,85	= + 9,88	»
Ponto C:	barra	: + 0,34	+ 1,58	= + 1,92	»
	pilar	: — 2,21	+ 1,58	= — 0,63	»
Ponto F:		— 0,63	— 1,52	= — 2,15	»

h) *Variações da temperatura*

Os momentos resultantes vão indicados no capítulo VI.

Tabela dos momentos

Ponto	B			E			C		F	
Parte da construção	Barra	Pilar inferior	Pilar superior	Barra	Pilar inferior	Pilar superior	Barra	Pilar	Barra	Pilar
Pêso próprio (IV i)	−14,18	− 6,98	+ 7,20	−27,37	− 6,98	+14,06	−10,74	−10,74	−23,82	−16,97
Sobrecarga em CF (IV j)	− 5,33	+ 3,35	+ 8,67	+ 0,44	+ 3,38	+ 2,94	−29,15	−29,15	−10,65	−10,65
Sobrecarga em BE (IV k)	−22,32	− 8,66	+13,65	−14,10	− 8,68	+ 5,36	− 1,97	− 1,97	− 0,54	− 0,54
Sobrecarga em FF' (IV l)	+ 0,95	− 0,45	− 1,40	+ 0,12	− 0,50	− 0,64	+ 5,09	+ 5,09	− 3,13	+ 2,22
Sobrecarga em EE' (IV m)	+ 1,20	+ 1,55	+ 0,35	− 2,30	+ 1,52	− 3,96	− 0,24	− 0,24	+ 0,60	+ 0,60
Vento da esquerda (IV n)	+ 7,08	+13,26	+ 6,18	− 5,68	−15,06	− 9,38	− 1,62	− 1,19	+ 1,47	+ 1,47
Vento da direita (IV o)	− 6,93	−15,92	− 9,09	+ 5,75	+15,58	+ 9,88	+ 1,92	− 0,63	− 2,15	− 2,15
Variação da temperatura t = + 15°	− 3,58	−10,78	− 7,20	− 2,19	−10,86	− 8,67	+ 1,02	+ 1,02	− 0,88	− 0,88
Variação da temperatura t = − 30°	+ 7,16	+21,56	+14,40	+ 4,38	+21,72	+17,34	− 2,04	− 2,04	+ 1,76	+ 1,76
M_{max}	−52,34	− 42,79	+ 50,45	−51,64	−42,08	+49,58	−45,76	−45,33	−41,17	−31,19

VIII. Cálculo das fôrças normais nos pilares

a) *Pêso próprio total* (IVi)

Reacções da viga CF :

Pontos C e F : $\frac{1}{2} \cdot 3{,}4 \cdot 8{,}85 = 15{,}10$ t

Reacções da viga BE :

Ponto B : (ver pág. 592) = 13,04 »
Ponto E : (ver pág. 592) = 11,88 »

Reacção da consola FF' :

Ponto C : $-\frac{6{,}850}{8{,}85} = -0{,}80$ »

Ponto F : $+\frac{6{,}850}{8{,}85} + 3{,}6 \cdot 2{,}00 = 8{,}00$ »

Reacção da consola EE' :

Ponto B : $-\frac{6{,}330}{8{,}85} = -0{,}70$ »

		Ponto E: $+\frac{6,330}{8,85} + 4,18 + 2,87$	$= + 7,75$ t	
Pêso próprio acima de C :		$5,85 \cdot 2,95 \cdot 0,12 \cdot 2,4$	$=$	5,00 t
» » » » CB :	Pilar :	$7,20 \cdot 0,40 \cdot 1,00 \cdot 2,4 = 7,00$		
	Parede :	$6,20 \cdot 5,45 \cdot 0,12 \cdot 2,4 = \underline{9,70}$		16,70 »
» » » » AB :		$3,20 \cdot 0,40 \cdot 1,00 \cdot 2,4$	$=$	3,08 »
» » » » FE :		$2,60 \cdot 0,40 \cdot 0,80 \cdot 2,4$	$=$	2,00 »
» » » » ED :	Pilar :	$3,20 \cdot 0,40 \cdot 0,80 \cdot 2,4 = 2,45$		
	Parede :	$3,20 \cdot 5,24 \cdot 0,12 \cdot 2,4 = \underline{4,85}$		7,30 »

Resumo

Ponto C :		$15,10 - 0,80 + 5,00$	$=$	19,30 t
Ponto B :	pilar superior :	$19,30 + 16,70$	$=$	36,00 »
	pilar inferior :	$36,00 + 13,04 - 0,70$	$=$	48,34 »
Ponto A :		$48,34 + 3,08$	$=$	51,42 »
Ponto F :		$15,10 + 8,00$	$=$	23,10 »
Ponto E :	pilar superior :	$23,10 + 2,00$	$=$	25,10 »
	pilar inferior :	$25,00 + 11,88 + 7,75$	$=$	44,63 »
Ponto D :		$44,63 + 7,30$	$=$	51,93 »

b) *Sobrecarga em CF (IVj)*

Reacção nos pontos C e F: $\frac{2260}{2670} \cdot 15,10 = 12,80$ t

c) *Sobrecarga em BE (IVk)*

Reacção no ponto B: $= 9,14$ t
Reacção no ponto E: $= 9,79$ t

d) *Sobrecarga em FF' (IVl)*

Reacção no ponto C: $-0,78 \cdot 0,80 = -0,62$ t
Reacção no ponto F: $+0,78 \cdot 7,75 = 6,05$ t

e) *Sobrecarga em EE' (IVm)*

Reacção no ponto B: $-1,23 \cdot 0,70 = -0,86$ t
Reacção no ponto E: $+0,86 + 5,86 + 3,48 = 10,20$ t

f) *Vento da esquerda (IVn)*

$$M_v = \frac{1}{2} \cdot 0,585 \cdot 13,35^2 + 1,04 \cdot 10,40 = 62,8 \text{ tm}$$

Reacção nos pontos A e D: $\mp\frac{62,8}{8,85} = \mp 7,10$ t

g) *Vento da direita (IVo)*

$$M_v = 10,15 \cdot 0,585 \cdot 8,27 + 1,04 \cdot 10,4 = 60,0 \text{ tm}$$

Reacção nos pontos A e D: $\pm\frac{60,0}{8,85} = \pm 6,80$ t

A fôrça normal devida à pressão do vento supõe-se diminuir proporcionalmente com a altura.

Tabela das fôrças normais

Ponto	B		E		C	F	A	D
Parte da construção	Pilar inferior	Pilar superior	Pilar inferior	Pilar superior				
Pêso próprio (IV i)	48,34	36,00	44,63	25,10	19,30	23,10	51,42	51,93
Sobrecarga em CF (IV j)	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80
» em BE (IV k)	9,14	0	9,79	0	0	0	9,14	9,79
» em FF′ (IV l)	— 0,62	— 0,62	6,05	+ 6,05	— 0,62	+ 6,05	— 0,62	+ 6,05
» em EE′ (IV m)	— 0,86	0	10,20	0	0	0	— 0,86	10,20
Vento da esquerda (IV n)	— 4,50	— 4,50	3,20	3,20	0	0	— 7,10	+ 7,10
Vento da direita (IV o)	+ 4,30	+ 4,30	— 3,00	— 3,00	0	0	+ 6,80	— 6,80
N simultânea ao M_{max}	61,78	44,30	63,67	24,90	32,10	35,90	80,16	97,87

IX. Resumo dos momentos e fôrças normais

Ponto A: max $A_L = 80{,}16$ t max $A_V = \frac{1}{2} \cdot 8{,}8 = 4{,}4$ t

Ponto B: barra : M = — 52,34 tm N ~ 0 t
pilar inferior : M = — 42,79 » N = 61,78 t
pilar superior : M = + 50,45 » N = 44,30 t
Ponto C: barra : M = — 45,76 » N ~ 0
pilar : M = — 45,33 » N = 32,10 t
Ponto D: max $D_L = 97{,}87$ t max $D^V = 4{,}4$ t
Ponto E: barra : M = — 51,64 tm N ~ 0 t
pilar inferior : M = — 42,08 » N = 63,67 t
pilar superior : M = + 49,58 » N = 24,90 t
consola : 6,33 + 7,78 = M = — 14,11 » N ~ 0 t
Ponto F: barra : M = — 41,17 » N ~ 0 t
pilar : M = — 31,19 » N = 35,90 t
consola : M = — 12,20 » N ~ 0 t

Momento no meio do vão da barra CF

$$M_O = 1{,}85 \cdot \frac{1}{8} \cdot 3{,}4 \cdot 8{,}85^2 = 62{,}0 \text{ tm}$$

$$M_C = -10{,}74 - 29{,}15 + 5{,}09 + 1{,}92 + 1{,}02 = -31{,}86 \text{ tm}$$

$$M_F = -23{,}82 - 10{,}65 - 3{,}13 - 2{,}15 - 0{,}88 = -40{,}63 \text{ tm}$$

$$M = 62{,}0 - \frac{1}{2} \cdot (31{,}86 + 40{,}63) = +25{,}75 \text{ tm}$$

Momento no meio do vão da barra BE

$$M_O = 35{,}90 + 27{,}00 = 62{,}90 \text{ tm}$$

$$M_B = -14{,}18 - 22{,}32 + 0{,}95 + 1{,}20 + 7{,}08 + 7{,}16 = 20{,}11$$

$$M_E = -27{,}37 - 14{,}10 + 0{,}12 - 2{,}30 \quad 5{,}68 + 4{,}38 = 44{,}95$$

$$M = 62{,}90 - \frac{1}{2} \cdot (20{,}11 + 44{,}95) = + 30{,}37 \text{ tm}$$

X. Coeficientes de trabalho.

Barra BE.

Ponto B: $M = -52{,}34$ tm $\quad h = 100$ cm $\quad b = 35$ cm

$A_a = 9\phi 28 = 56{,}0$ cm² $\quad z = 90$ cm $\quad A_a \cdot z = 5050$ cm³

$A_a' = 3\phi 28 = 18{,}6$ » $\quad d' = 5$ cm $\quad A_a' \cdot d' = 90$ »

$A_a + A_a' = 74{,}6$ cm² $\quad A_a \cdot z + A_a' \cdot d' = 5140$ cm³

$$x = 15 \cdot \frac{74{,}5}{35} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{70 \cdot 5140}{15 \cdot 74{,}6^2}}\right) = 41{,}5 \text{ cm}$$

$$R_b = \frac{6 \cdot 5234000 \cdot 41{,}5}{35 \cdot 41{,}5^2 \cdot (270 - 41{,}5) + 90 \cdot 18{,}6 \cdot 36{,}5 \cdot 85} = 69 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_a = 15 \cdot 69 \cdot \frac{90 \cdot 41{,}5}{41{,}5} = 1180 \text{ kg/cm}^2$$

Ponto E: $M = -51{,}64$ tm $\quad h = 100$ cm $\quad b = 35$ cm

Armadura como no ponto B

Meio do vão: $M = 30{,}37$ tm $\quad h = 100$ cm $\quad b = 4{,}5 \cdot 10 + 35 = 80$ cm

$A_a = 5\phi 28 = 31{,}0$ cm²

Barra CF: h/bo = 90/40

Ponto C: $M = -45{,}76$ tm $\quad h = 90$ cm $\quad b = 40$ cm

$A_a = 9\phi 28 = 56{,}0$ cm² $\quad z = 80$ cm $\quad A_a \cdot z = 4500$ cm³

$A_a' = 2\phi 28 = 12{,}4$ » $\quad d' = 5$ cm $\quad A_a' \cdot d' = 60$ »

$A_a + A_a' = 68{,}4$ cm² $\quad A_a \cdot z + A_a' \cdot d' = 4560$ cm³

$$x = 15 \cdot \frac{68{,}4}{40} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{80 \cdot 45{,}60}{15 \cdot 68{,}4^2}}\right) = 38{,}5 \text{ cm}$$

$$R_b = \frac{6 \cdot 4576000 \cdot 38{,}5}{40 \cdot 38{,}5^2 \cdot (240 - 38{,}5) + 90 \cdot 12{,}4 \cdot 33{,}5 \cdot 75} = 70 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_a = 15 \cdot 70 \cdot \frac{80 - 38{,}5}{38{,}5} = 1140 \text{ kg/cm}^2$$

Ponto F: $M = -41{,}17$ tm $\quad h = 90$ cm $\quad b = 40$ cm

Armadura como no ponto C.

Meio do vão: $M = 30{,}37$ tm $\quad h = 90$ cm $\quad A_a = 6\phi 28 = 37{,}0$ cm²

Pilar ABC: 100/40 cm

$M = +50{,}45$ tm $\quad N = 61{,}78$ t $\quad \frac{M}{N \cdot h} = \frac{50{,}45}{61{,}78 \cdot 1{,}00} = 0{,}82 \quad c = 82$ cm

$A_a = A_a' = 5\phi 28 = 31{,}0$ cm

$$\mu = \frac{31{,}0 \cdot 100}{100 \cdot 40} = 0{,}78\ \% \quad x = 46 \text{ cm}$$

$$R_b = \frac{5045000}{\frac{40 \cdot 46}{2} \cdot (50 - 15) + 30 \cdot 31{,}0 \cdot \frac{45^2}{46}} = 70{,}0 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_a = \frac{15 \cdot 70{,}0}{46} \cdot (45 + 50 - 46) = 1100 \text{ kg/cm}^2$$

Pilar DEF: 80/40 cm

$$M = 42{,}08 \text{ tm} \qquad N = 63{,}67 \text{ t} \qquad \frac{M}{N \cdot h} = \frac{42{,}08}{63{,}67 \cdot 0{,}8} = 0{,}83 \quad c = 67 \text{ cm}$$

$$A_a = A_a' = 7\ \phi 28 = 43{,}0 \text{ cm}^2$$

$$\mu = \frac{43{,}0 \cdot 100}{80 \cdot 40} = 1{,}34\ \% \quad x = 0{,}51 \cdot 80 = 41 \text{ cm}$$

$$R_b = \frac{4208000}{\frac{40 \cdot 41}{2} \cdot (40 - 14) + 30 \cdot 43{,}0 \cdot \frac{35^2}{41}} = 70 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_a = \frac{15 \cdot 41{,}0}{41} \cdot (35 + 40 - 41) = 510 \text{ kg/cm}^2$$

XI. Fundações.

Ponto A

As fundações foram calculadas para uma profundidade total de 1,00 m sob o nível do terreno futuro e na hipótese de o limite de fadiga admissível ser 3,00 kg/cm²

As duas fundações em cada pórtico ligam-se mútuamente por vigas de betão armado para equilibrar as impulsões horizontais. As únicas fôrças horizontais transmitidas à base de fundação serão assim a pressão do vento, que se reparte em igual pelas duas fundações.

Reacção vertical = 80,16 t. Reacção horizontal = 4,4 t.
Sapata de betão armado : 140 . 80 . 30 cm.
N ~ 81 t. M = 4,4 . 0,3 = 1,3 tm.

$$S = 140 \cdot 80 = 11200 \text{ cm}^2 \qquad W = \frac{1}{6} \cdot 80 \cdot 140^2 = 260000 \text{ cm}^3$$

$$\text{Pressão máxima no bloco de fundação} = \frac{81000}{11200} + \frac{130000}{260000} = 7{,}8 \text{ kg/cm}^2$$

Bloco de fundação = 215 . 155 . 60 cm
N ~ 85 t. M = 4,4 . 0,9 = 4,0 tm

$$S = 215 \cdot 155 = 33500 \qquad W = \frac{1}{6} \cdot 155 \cdot 215^2 = 1200000 \text{ cm}^3$$

$$\text{Pressão máxima na base} = \frac{85000}{33500} + \frac{400000}{1200000} = 2{,}90 \text{ kg/cm}^2$$

Ponto D.

Reacção vertical = 97,87 t. Reacção horizontal = 4,4 t.
Sapata de betão armado = 120 . 80 . 30 cm
N ~ 99 t. M = 4,4 . 0,3 = 1,3 t.

$$S = 120 \cdot 80 = 9600 \text{ cm}^2 \qquad W = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot 120^2 = 192000 \text{ cm}^3$$

$$\text{Pressão máxima no bloco de fundação} = \frac{99000}{9600} + \frac{130000}{192000} = 11{,}0 \text{ kg/cm}^2$$

Bloco de fundação 220 . 170 . 60 cm
N = 104 t. M = 4,0 tm

$$S = 220 \cdot 180 = 39500 \text{ cm}^2 \qquad W = \frac{1}{6} \cdot 180 \cdot 220^2 = 1460000 \text{ cm}^3$$

$$\text{Pressão máxima na base} = \frac{104000}{39500} + \frac{400000}{1460000} = 2{,}90 \text{ kg/cm}^2$$

Métodos usados para o estabelecimento da directriz e para o nivelamento dos túneis do Canal do Tejo

PELO ENG. CIVIL (E. M.) AMÍLCAR DE MELO

1) O estabelecimento da directriz à superfície

Os túneis até hoje perfurados no Canal do Tejo para o abastecimento de água à cidade de Lisboa, totalizam, nos diversos troços construídos desde os Olivais à Várzea das Chaminés, próximo à Azambuja, um comprimento de 5.950,3 m.

O que em geral se conhece dos tratados de topografia e o que o jovem e recem-diplomado engenheiro em geral conhece quanto ao assunto enunciado nêste parágrafo, limita-se ao clássico alinhamento com 4 bandeirolas. Ver-se-ia certamente embaraçado na prática, diante de tal problema, quem tivesse que socorrer-se apenas dêste processo.

Pode dizer-se que, duma maneira geral, os tratadistas de topografia tratam esta ciência mais como um repositório de métodos e catálogo de instrumentos, do que como ciência de aplicação, e mesmo entre os vários autores, nem todos a terão praticado na resolução do problema do estabelecimento da directriz dum túnel, a partir do alinhamento implantado à superfície do terreno.

Vamos dar uma idéa, tão sucinta quanto possível, dos métodos que seguimos durante a construção dum túnel, tanto à superfície como interiormente, para auxiliar quem, como nós, venha a ser incumbido de tal tarefa.

Seja OP (Fig. 1) o alinhamento que se pretende estabelecer, demarcando-o sôbre o terreno, com sinais ou balizas duradoiras, e suponhamos que de O se não vê P, nem há dois pontos D e E intermédios entre O e P tais que de E se possa ver D e O simultâneamente, e de D se possa ver ao mesmo tempo E e P (caso mais geral).

Visemos então com o teodolito, estacionando em O, uma referência qualquer, X, bastante afastada: chaminé cilíndrica e longínqua, pára-raios, pirâmide geodésica, etc. Marquemos nesta direcção uma referência auxiliar A, e meçamos $\overline{OA}$. Mudemos a estação do teodolito

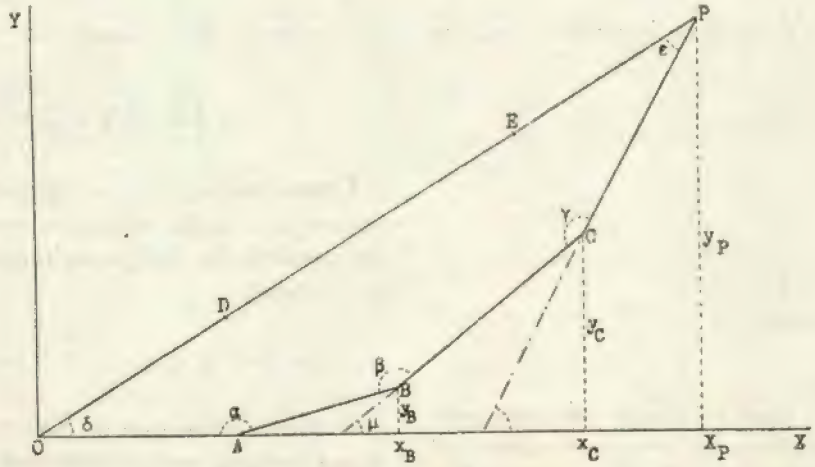


Fig. 1

para A e visemos uma nova referência [1] auxiliar B, medindo o ângulo O $\hat{A}$ B e o novo lado $\overline{AB}$.

Pratiquemos o mesmo em B, em C, etc. e suponhamos, para abreviar, que de C já é possível visar P, isto é, o outro extremo do alinhamento a estabelecer. Temos então um polígono aberto ou poligonal OABCP cujos lados conhecemos, bem como os ângulos em $\hat{A}$, $\hat{B}$ e $\hat{C}$.

Se pudermos determinar o ângulo em O que chamaremos δ, relativo à direcção $\overline{OP}$ a partir da direcção de referência $\overline{OA}$ ou $\overline{OX}$, teremos resolvido o problema.

Consideremos então um sistema de eixos coordenados rectangulares de origem em O e coincidindo $\overline{OX}$ com $\overline{OA}$. É fácil determinar agora as coordenadas neste sistema, de cada um dos vértices A, B, C,...P.

Com efeito, duma maneira geral, dada a sucessão de vértices duma poligonal convexa, (Fig. 1)

O, A, B, C, D,..... N, P

a que correspondem os ângulos medidos:

$\alpha, \beta, \gamma, \ldots\ldots\ldots\ldots \chi, \rho$

e os ângulos externos:

$\mu, \nu, \ldots\ldots\ldots\ldots \sigma, \tau$

ter-se-á:

$$\mu = (\pi - \alpha) + (\pi - \beta) = 2\pi - (\alpha + \beta)$$
$$\nu = \mu + (\pi - \gamma) \qquad = 3\pi - (\alpha + \beta + \gamma)$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$\tau = \qquad\qquad = n\pi - (\alpha + \beta + \gamma + \ldots + \rho)$$

sendo ρ o ângulo de ordem n medido a partir do primeiro.

E então:

$$X_A = \overline{OA}$$
$$Y_A = O$$

$$X_B = \overline{OA} + \overline{AB}\cos(\pi - \alpha)$$
$$Y_B = \qquad \overline{AB}\,\mathrm{sen}(\pi - \alpha)$$

$$X_C = \overline{OA} + \overline{AB}\cos(\pi - \alpha) + \overline{BC}\cos\mu$$
$$= \overline{OA} + \overline{AB}\cos(\pi - \alpha) + \overline{BC}\cos(2\pi - \alpha - \beta)$$
$$Y_C = \qquad \overline{AB}\,\mathrm{sen}(\pi - \alpha) + \overline{BC}\cos(2\pi - \alpha - \beta)$$

.....

$$X_P = \overline{OA} + \overline{AB}\cos(\pi - \alpha) + \overline{BC}\cos[2\pi - (\alpha + \beta)] +$$
$$+ \ldots\ldots + \overline{QP}\cos[(n-1)\pi - (\alpha + \beta + \ldots + \rho)]$$
$$Y_P = \qquad \overline{AB}\,\mathrm{sen}(\pi - \alpha) + \overline{BC}\,\mathrm{sen}[2\pi - (\alpha + \beta)] +$$
$$+ \ldots\ldots + \overline{QP}\,\mathrm{sen}[(n-1)\pi - (\alpha + \beta + \ldots + \rho)]$$

sendo P o vértice observado de ordem n a partir do vértice A considerado como o 1.º. (Para simplificar a figura supusémos $n = 4$, isto é, P o vértice consecutivo a C).

Para auxiliar a interpretação dos sinais de sen α e cos α, convém fazer o desenho da planta da poligonal a uma escala conveniente, deduzindo-os geomètricamente.

Teremos então, designando por X_P e Y_P as coordenadas do extremo P, l o valor genérico dum lado da poligonal, Θ o ângulo interno medido na estação inicial do mesmo lado e m o número de ordem dêsse mesmo vértice:

$$\left.\begin{array}{l} X_P = \Sigma\, l\cos(m\pi - \Sigma\Theta) + \overline{OA} \\ Y_P = \Sigma\, l\,\mathrm{sen}(m\pi - \Sigma\Theta) \end{array}\right\} \begin{array}{l} \text{para } m = 1, 2, \ldots n \\ \text{e} \quad \Theta = \alpha, \beta, \ldots \sigma \end{array}$$

que o ângulo δ é então fàcilmente dado pela sua tangente:

$$\mathrm{tang}\,\delta = \frac{Y_P}{X_P} = \frac{\Sigma\, l\,\mathrm{sen}\,(m\pi - \Sigma\alpha)}{\Sigma\, l\cos\,(m\pi - \Sigma\alpha) + \overline{OA}}$$

e a extensão do alinhamento:

$$\overline{OP} = \sqrt{X_P^2 + Y_P^2}$$

Como verificação, ou querendo conhecer ε, tem-se a relação seguinte, sendo n o número de vértices da poligonal, incluindo o primeiro e o último:

$$\alpha + \beta + \gamma + \ldots + \delta + \varepsilon = (n - 2)\,\pi$$

É conveniente que os diversos lados da poligonal tenham comprimentos da mesma ordem, para evitar uma preponderância exagerada de

[1] Constituíamos estas referências por estacas de 5×5×60, com um prego no tôpo e protegidas por um massame de fragmentos de tejolos e argamassa rica de cimento — cêrca de 20 kg por estaca no total.

erros produzidos por um mesmo lado, inevitáveis em operações desta natureza. Com efeito, um êrro angular duma determinada grandeza, produz muito maior êrro planimétrico num lado de grandes dimensões do que num lado pequeno.

Os ângulos em A, B, C, ... lêr-se-ão reiterando pelo menos duas vezes o limbo azimutal, para denunciar qualquer êrro *grosseiro,* tomando-se a média até centígrados.

Deduzido o valor do ângulo δ é conveniente comprovar a exactidão dos cálculos, pela implantação da directriz sôbre o terreno.

Para isso estaciona-se em O e visando A ou X marca-se o ângulo δ no sentido conveniente, utilizando uma referência provisória, o mais longe possível, verificando-se se a colocação do prego da referência era perfeita, isto é, se coïncidia perfeitamente com o traço vertical do fio do retículo.

Para estabelecer o alinhamento $\overline{OP}$ observávamos depois **com o aparelho tendo o limbo zenital alternadamente, ora à esquerda ora à direita do observador com a frente para P.**

Com efeito, existindo um êrro de colimação, ainda que bastante pequeno (falta de perpendicularidade do eixo óptico da luneta em relação ao eixo dos munhões), com êste modo de proceder compensam-se os efeitos do êrro de colimação, tendo-se para distâncias aproximadamente iguais, êrros iguais e alternadamente de sinais contrários. Consegue-se pràticamente êste desiderátum, transportando o aparelho (depois de fazer a pontaria à frente) com a luneta fixa pela pinça respectiva e colocando-o sempre em cada estação, com a objectiva voltada para a estação à rètaguarda, no momento da colocação do aparelho em estação.

Dêste modo **estabelecem-se na realidade dois alinhamentos rigorosamente perfeitos e paralelos, constituídos pelas referências da mesma paridade,** [1] distanciados entre si duma grandeza que é o dôbro do valor linear do êrro de colimação para a distância das estações (Fig. 2).

Para se ter idéa, nestes aparelhos em que a luneta se não solta das munhoneiras, do valor do êrro de colimação, estaciona-se com o aparelho rectificado o melhor possível e visa-se uma referência sensìvelmente à cota do eixo do instrumento e à distância aproximada de 100 metros. Dando à luneta uma rotação azimutal de 200,00 G., e invertendo a luneta tôpo a tôpo pelo movimento de báscula, visar-se-á uma referência que não coïncidirá em geral com a primeira. O êrro linear produzido pela colimação, combinado com o de excentridade, para aquela distância, é metade do afastamento das duas referências visadas.

Como complemento diremos que nos diversos túneis implantados, das mais variadas grandezas, o êrro determinado no extremo P não ultrapassou 3 decímetros (no túnel de 1.800 m), e o que fazíamos, era deslocar o marco do antigo local para o determinado pelo alinhamento do túnel, de O para P, repetindo

---

[1] Esta maneira de proceder e esta conclusão foram por nós expostas a primeira vez, num relatório dactilografado de que se fêz uma distribuïção de 50 exemplares, em princípios de 1937.

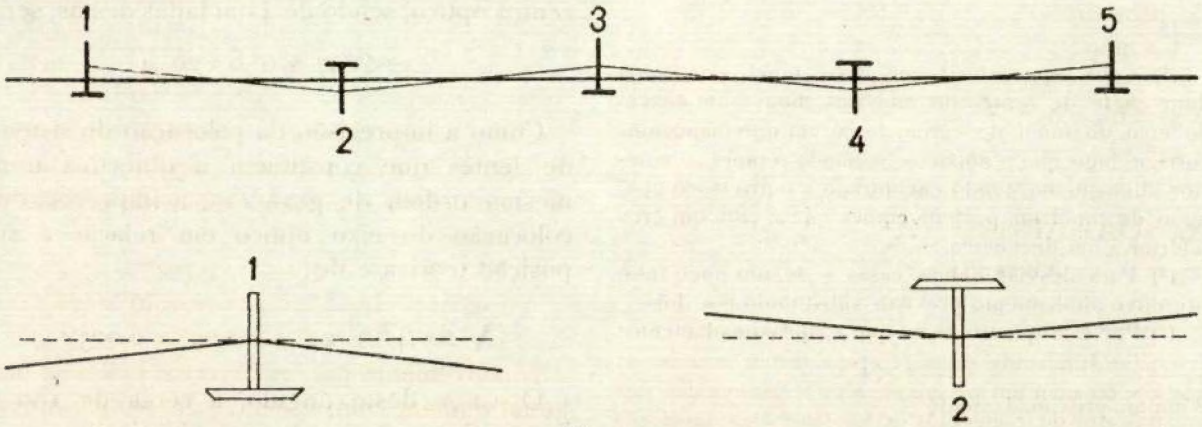


Fig. 2

depois para comprovação o alinhamento de P para O. (1)

Frizaremos que os comprimentos dos lados da poligonal eram medidos a taqueómetro e portanto eivados dos erros que lhe são inerentes, além dos devidos à imperfeita verticalidade da mira, e que são tanto mais importantes quanto maior fôr o ângulo do raio visual com o horizonte, muito embora aproximássemos a leitura na mira até meios milímetros.

Se se tratasse de alinhamentos muito extensos (o mais extenso túnel media 1.800 metros e era constituído por dois alinhamentos) (2), já êste processo não seria aplicável, pois teriam muito maior influência os erros cometidos.

Tratando-se duma obra de grande envergadura (túnel atingindo alguns quilómetros), o processo de determinação do eixo envolveria obrigatòriamente uma triangulação geodésica ligando os vértices testas do túnel, cuidadosamente observada e compensada, e duas medições directas de comprimentos por meio de fios de invar. Esta operação conjugada com a de determinação do azimute da direcção da obra, quer por processos astronómicos, quer por meio da projecção dos vértices da rêde utilizando um qualquer sistema de coordenadas rectangulares, e o cálculo das direcções recíprocas, permite obter obras cujos eixos, quando se encontram, estão distanciados de escassos centímetros.

Apresentam-se no quadro junto, e a-fim-de fixar idéas, os valores numéricos de arcos subtensos, a 1000 e a 100 m de distância, de ângulos dum grau, minuto ou segundo, nas duas maneiras mais usuais de dividir a circunferência: (3)

Distâncias	Divisão Sexagesimal		Divisão Centesimal	
		m		m
1000 m	⊙	6.283,18	⊙	6.283,18
»	1°	17,453	1G	15,708
»	1'	0,291	1c	0,157
»	1''	0,004.8	1cc	0,001.6
100	⊙	628,318	⊙	628,318
»	1°	1,745.3	1G	1,570.8
»	1'	0,029.1	1c	0,015.7
»	1''	0,000.48	1cc	0,000.16

*
* *

No aparelho com que trabalhâmos, um teodolito repetidor Wild T 1 (n.° 4.512), o êrro de colimação era da ordem de cêrca de 0,003 G.

Com efeito, o retículo é constituído por traços com uma espessura da ordem do milésimo de milímetro, gravados num vidro, e a possibilidade mecânica da sua colocação é da ordem de 3 a 4 unidades destas. Então, o valor de 1 micron visto à distância de 120 mm (valor da distância focal), corresponde a um ângulo α dado por

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{0{,}001 \text{ mm}}{120} = \frac{1}{120.000}$$

ou, em segundos sexagesimais:

$$\alpha = \frac{206.265}{120.000} = 1'',7$$

Então, a imprecisão da colocação do cruzamento dos fios do retículo em relação ao eixo óptico da objectiva, passando pelo respectivo centro óptico, sendo de 4 unidades destas, será:

$$4 \times 1'',7 = 6'',8 \approx 20'',4$$

Como a imprecisão da colocação do sistema de lentes que constituem a objectiva é da mesma ordem de grandeza, a imprecisão da colocação do eixo óptico em relação à sua posição teórica é de:

$$\sqrt{\overline{20'',4}^2 + \overline{20'',4}^2} = 29'' \approx 0{,}003^G$$

O valor dêste ângulo, a cêrca de 100 m do vértice, representa um desvio linear de

(1) Cabe aqui referir que neste túnel, por culpa dum chefe de *équipe* de mineiros, houve um desvio do eixo do túnel de cêrca de 70 cm que mandámos corrigir logo que o notámos, voltando o túnel ao anterior alinhamento, tendo encontrado o outro trôço contíguo do túnel em perfeita coincidência, com um êrro inferior a um decímetro.

(2) Para desviar dumas casas e de um poço foi o primitivo alinhamento previsto, substituído por dois.

(3) Por êste quadro se vê que é, aproximadamente:

$$1^{I} = 2 \times 1^{c}$$

e muito aproximadamente

$$1^{II} = 3 \times 1^{cc}$$

$30 \times 0{,}000.16 = 0{,}004.8$ m, ou seja aproximadamente 5 mm.

Edmond Gabriel cita, no seu tratado de Topografia (pág. 87 da edição de 1914), o modo de proceder para evitar a influência do êrro de colimação, fazendo, com um aparelho susceptível de se inverter sôbre as suas munhoneiras, 2 ou 4 pontarias, tomando no terreno, para futura estação, o ponto médio dos 2 ou 4 pontos marcados.

O processo que usámos *e que ainda não vimos citado em qualquer parte:* **inversão alternada da posição do limbo zenital em cada estação,** e distâncias entre estações tanto quanto possível iguais, dá-nos, para os centros de estação da mesma paridade, dois alinhamentos pràticamente contidos em planos verticais, e paralelos. (Ver figura 2).

Para garantia da perfeição do alinhamento, depois de em cada estação marcar o ponto à frente, costumávamos, antes de levantar o aparelho, visar novamente a referência à rèta-guarda, certificando-nos se se mantinha a rigorosa bissecção. Assim evitava-se a comprovação por novo alinhamento em sentido contrário. Seguidamente voltávamos de novo a luneta para a frente, isto é, na direcção de P.

Cada baliza definitiva era constituída por um maciço de betão de $40 \times 40 \times 80$, com 10 cm apenas saliente do terreno, construído *in loco,* com uma marca de bronze de 15 mm de diâmetro à face com o marco, na qual um sinal feito com um punção marcava um ponto do eixo da obra. Estas balizas definitivas eram construídas e sinalizadas a partir das provisórias.

2) Transporte da direcção do alinhamento para o interior do túnel

A abertura dos túneis fazia-se quando a profundidade da trincheira atingia 6,5 a 7 metros, isto é, para cêrca de 4 metros sôbre a geratriz superior do canal suposto construído. Para túneis de pequena extensão comparada com o prazo de entrega da Obra, era a escavação executada só pelas duas trincheiras de acesso.

Quando um túnel é perfurado por meio de poços verticais, aparece o problema do transporte do alinhamento existente sôbre o terreno, para o interior do túnel, atravéz de poços sempre de reduzido diâmetro. Nestas condições qualquer pequeno êrro cometido no transporte, será ampliado linearmente no sentido transversal, numa determinada frente de ataque, na proporção da distância dessa frente ao poço, para o diâmetro do mesmo poço.

Então, ou se fazem furos auxiliares de pequeno diâmetro: cêrca de 20 cm por meio de trépano, bem verticais, e distanciados 20 a 30 m do poço de serviço para aí colocar prumadas, ou se recorre ao processo das prumadas cruzadas, que resumidamente passamos a expor. [1]

Na borda betonada do poço colocávamos parafusos destinados a receber os aparelhos de alinhamento que lhes eram fixados por meio de porcas. Eram constituídos por uma barra ou lâmina metálica com 40 cm de comprimento por 25 mm de largura, móvel em em tôrno dum eixo perpendicular à respectiva chapa de fixação e basculando entre duas esperas constituídas por parafusos com os seus

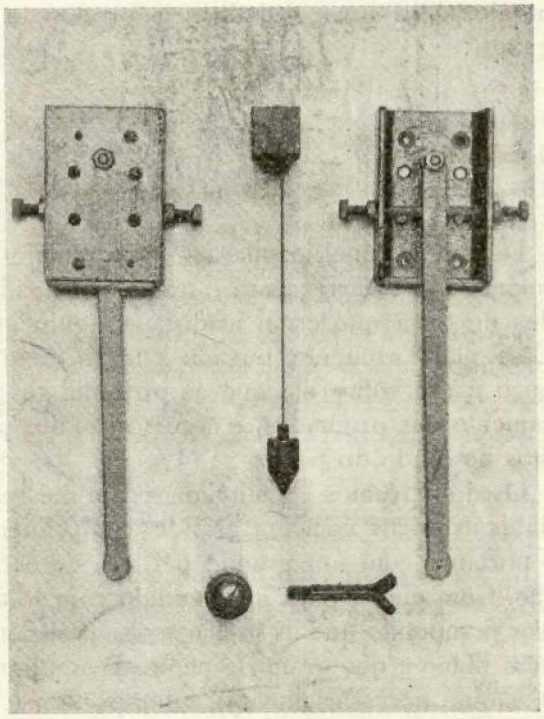


Fig. 3 — Aparelhos para transporte do alinhamento para o fundo dos poços, prumo excêntrico com parafuso de alinhamento, e referência para alinhamento definitivo sôbre o terreno.

[1] Nos túneis do Canal do Tejo utilizaram-se estes dois processos.